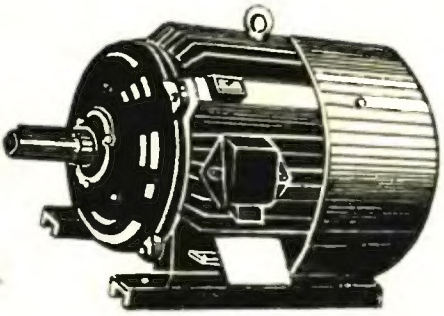


异步电机修理

湖南大学电机系电机教研室编

异步电机修理

湖南大学电机系电机教研室编

湖南人民出版社

1973年6月·长沙

异步电机修理

湖南大学电机系电机教研室编

湖南人民出版社出版
湖南省新华书店发行
湖南省新华印刷一厂印刷

1974年3月第1版第1次印刷
印数：1——40,000册
统一书号：15109·89　定价：1.05元

毛主席語录

路线是个纲，纲举目张。

鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

要把一个落后的农业的中国改变成为一个先进的工业化的中国，我们面前的工作是很艰苦的，我们的经验是很不够的。因此，必须善于学习。

前　言

异步电机是常用的一种电机。随着社会主义建设事业的飞速发展，这种电机的数量成倍地增加。许多从事电机制造、修理的人员，迫切需要这方面的通俗技术读物；我们在教学实践中，也需要这方面的辅导教材。为此，我们在学校党委和电机系党总支的直接领导下，曾先后派出部分教师到工厂学习调查，由龚良峰、陶柱机两同志为主执笔，并经教研室集体校审，编写了《异步电机修理》一书。

本书在编写和修改过程中，得到湘潭电机厂、长沙电机厂等单位的工人师傅和技术人员的大力支持与热情帮助，在此谨表感谢。

由于我们对毛主席的教育革命思想学习得不够，实践经验和理论水平都有限，因此，书中错漏和不妥之处可能不少，希望读者批评指正。

湖南大学电机系电机教研室

1973年6月15日

内　容　简　介

本书较系统地介绍了异步电机的类型、工作原理和性能；各种绕组型式及其布置规则；故障的分析及局部检修方法；全部拆换绕组的工艺方法；绕组的重绕计算、改换极数计算、以及单速改多速的简易设计方法；单相电机的工作原理、故障分析与重绕计算。并附录了有关参考资料。

本书内容简明扼要、通俗易懂，可供广大从事异步电机修造工作人员参考。

目　录

第一章　异步电机概述……（1）
第一节　异步电动机的分类和用途……（1）
第二节　异步电机的结构……（4）
第三节　三相异步电动机的工作原理……（8）
第四节　三相异步电动机的转矩特性与性能……（30）
第五节　异步电机发电……（36）
第六节　异步电动机的名牌和型号介绍……（53）
第二章　三相交流电机绕组……（59）
第一节　概述……（59）
第二节　单层绕组……（60）
第三节　双层叠绕组……（74）
第四节　单双层混合绕组……（84）
第五节　双层波绕组……（88）
第六节　分数槽绕组……（95）
第三章　异步电机故障分析与局部检修……（102）
第一节　异步电机故障特点和分析方法……（102）
第二节　异步电机的拆卸和装配……（103）
第三节　绕组故障和局部检修……（108）
第四节　损坏线圈的穿绕修补方法……（121）
第五节　高压定子线圈主绝缘局部修补……（122）
第六节　绕组绝缘电阻下降与处理方法……（126）

第七节　鼠笼转子断条检修……（135）
第八节　滑环和电刷装置的检修……（139）
第九节　定子铁芯的检修……（141）
第十节　电机结构零部件的检修……（142）
第四章　异步电机定子绕组的全部拆换……（158）
第一节　旧绕组的拆除……（158）
第二节　线圈绕制……（164）
第三节　绕组嵌装……（169）
第四节　绕组绝缘处理……（189）
第五节　检查试验……（201）
第六节　成型绕组的全部拆换……（206）
第七节　绕线式转子绕组的全部拆换……（226）
第五章　三相异步电动机定子绕组的简单计算……（242）
第一节　绕组匝数的计算……（242）
第二节　导线截面积的计算……（256）
第三节　用类比法计算定子绕组……（264）
第四节　异步电动机改变极数的计算……（267）
第五节　单绕组多速异步电动机的简单计算……（274）
第六节　绕线模尺寸的计算……（302）
第六章　单相电动机……（307）
第一节　单相电动机的运行原理……（307）
第二节　分相电动机……（315）
第三节　电容电动机……（330）
第四节　罩极电动机……（336）
第五节　单相电动机的重绕计算……（340）
第六节　交流串激电动机……（351）

附录：

附录 1　异步电动机的型号、性能及应用范围……（362）

附录 2　J、JO系列三相异步电动机的技术数据……（364）

附录 3　J_2、JO_2系列三相异步电动机的技术数据……（370）

附录 4　JR_2、JRO_2 系列绕线转子三相异步电动机的技术数据……（376）

附录 5　JS系列三相异步电动机的技术数据……（379）

附录 6　JSQ 系列三相异步电动机的技术数据……（383）

附录 7　JR 系列三相异步电动机的技术数据 ……（386）

附录 8　JRQ系列三相异步电动机的技术数据 ……（390）

附录 9　JZ、JZR系列起重及冶金用三相异步电动机的技术数据……（393）

附录10　常用小型三相异步电动机定子线圈线模图……（395）

附录11　J 系列三相异步电动机铁芯和绕组数据 ……（396）

附录12　JO 系列三相异步电动机铁芯和绕组数据 ……（402）

附录13　J_2 系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（408）

附录14　JO_2 系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（412）

附录15　JS系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（424）

附录 16　JSQ系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（432）

附录17　JR系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（436）

附录18　JRQ系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（440）

附录19　JS、JSQ、JR、JRQ 系列三相异步电动机槽形尺寸……（444）

附录20　JZ及 JZR 系列三相异步电动机铁芯和绕组数据……（448）

附录21　JDO_2 系列三相多速异步电动机的技术数据……（450）

附录22　三相油泵异步电动机的技术数据……（456）

附录23　电风扇铁芯和线圈的技术数据……（457）

附录24 单相电钻绕组数据……（458）
附录25 JX型(4—90瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列……（460）
附录26 Jy型(180～800瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列……（464）
附录27 JZ型(60～400瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列……（468）
附录28 电磁线的牌号及主要用途……（473）
附录29 常用铝、铜圆线规格表……（475）
附录30 铝、铜扁线标称尺寸及计算面积……（478）
附录31 导线绝缘厚度……（482）
附录32 常用异步电动机轴承型号……（484）

第一章　异步电机概述

异步电机是应用得最广泛的电力机械。根据以往的统计，单就小型异步电动机的用电量来说，即占全部发电量的50%左右。因此，本书内容着重讨论有关小型异步电机的检修问题，并对中型异步电机的检修作简单的介绍。

第一节　异步电动机的分类和用途

异步电动机是将电能转变为机械能的动力机械，俗称马达。在工农业生产和国防建设中应用极为普遍，品种规格极为繁多，按照不同特征，一般分类如下。

(一)按功率大小分(以4极电动机为代表)：

(1)微电机和分瓩电机（后者亦称分马力电机）在1瓩以下。微电机多用于自动控制设备中；分瓩电机多用于家用设备和医疗设备中。

(2)小型电机　机座号*1～*9，约1瓩至100瓩。

(3)中型电机　机座号*10～*15，约100瓩至1000瓩。

(4)大型电机　约1000瓩以上。

中、小型异步电动机是各种机床和设备的主要动力，产量很大。为了便于电机制造厂组织生产和使用单位合理选用，一般按定子铁芯外径大小统一编号，称为机座号。我国中、小型异步电机各机座号的定子铁芯外径和中心高尺寸见表1—1。有

表1—1　中小型异步电机的铁芯外径及中心高尺寸(毫米)

产品类型 \ 机座号			1	2	3	4	5	6	7	8	9
一般用小型电机	J JO	定子铁芯外径			145	182	245	327	368	423	493
		电机中心高			100	125	170	200	236	280	335
	J_2 JO_2	定子铁芯外径	120	145	167	210	245	280	327	368	423
		电机中心高	90	100	112	132	160	180	225	250	280
冶金起重用电机	JZ JZR	定子铁芯外径	210	245	280	327	368	493	615		
		电机中心高	150	170	190	225	250	315	400		

产品类型 \ 机座号			(10)	11	12	13	14	15	说明
中型电机	JS JR JSQ JRQ	定子铁芯外径	(493)	560	650	740	850	990	*10机座未定型生产
		电机中心高		375	450	500	560	630	

些国家的机座号，则以电机中心高尺寸作为编号的依据。

(二)按电机使用电源的相数分：

(1)三相电机　由三相交流电源供电，功率从分瓩至数千瓩。

(2)单相电机　由单相交流电源供电，功率一般在1瓩以下，大的也很少超过5瓩。

三相电机应用最广泛，一般所称异步电机，主要是指三相电机。单相电机可接用于照明电源线路上，使用方便，作为家庭用具、文娱和医疗设备的动力，如电风扇、电唱机、小型电

冰箱等。

（三）按防护型式分：一般最常见的有防护式、封闭式和防爆式。

（1）防护式 电机机壳内部的转动部分及带电部分，都有必要的机械保护，以防止意外的接触，但并不显著地妨碍通风。防护式电机适用于较清洁的场所。按照其通风口防护结构的不同，又分为下列三种：

（a）网罩式——电机的通风口用穿孔物遮盖起来，使电机的转动部分及带电部分，不能与外物相接触。

（b）防滴式——电机通风口的结构，可以防止垂直落下的液体或固体直接进入电机内部。

（c）防溅式——电机通风口的结构，可以防止与垂直线成100°角范围内，任何方向的液体或固体进入电机内部。

（2）封闭式 电机机壳的结构，能够阻止机壳内外空气的自由交换，但并不要求完全的密封。封闭式电机适用于灰砂较多的场所。

（3）防爆式（隔爆式） 电机机壳的结构，足以阻止电机内部的气体爆炸传递到电机外部，因而引起电机外部可燃性气体的爆炸。一般用于带有爆炸性气体或灰尘的场所，如：煤矿、面粉厂、某些化学工厂等。

（四）按转子结构分：

（1）绕线转子式 起动转矩大，起动电流小，并可在小范围内调速。用于球磨机、起重机或其他起动困难的场所。

（2）鼠笼转子式 起动性能不如绕线转子式，但结构简单

经济，绝大部分小型电机都采用鼠笼式。除一般通用鼠笼式外，又派生出不同性能的两种鼠笼式电动机：一种是高起动转矩电动机，适用于起动阻力矩较大的设备，如：压缩机、破碎机等；另一种是高滑率电动机，适用于冲击性负荷，如：冲床、剪床等设备上。

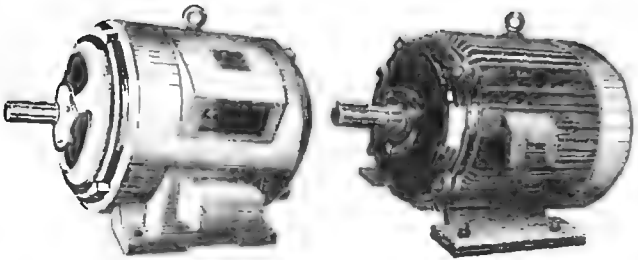
伟大领袖毛主席教导我们："**人类的生产活动是最基本的实践活动**"。由上面简单的介绍可以看出，电动机繁多的品种规格，都是为了适应不同的工作环境和工作需要，由劳动人民在长期生产实践中所创造出来的。因此，在选用电动机时，一定要根据具体环境条件和被配用机器设备的特性，选择适当的品种规格，否则就会造成财力和物力的浪费，或影响设备和电机的使用寿命。反之，如果某种设备上使用的电动机，经常发生类似的故障，就要检查所选用电机的品种规格是否适合，并应考虑改进电机的设计、结构和制造工艺，或考虑设计制造具有某些特殊性能的电机新品种新规格。这种生产斗争中出现的矛盾，是促进电机工业不断发展和提高的重要因素。

第二节　异步电机的结构

为了较好地掌握修理电机的技能，就得先了解电机的组成部分和它们的作用。

图1—1为最常用的防护式和封闭式电动机的外形图。鼠笼式异步电动机拆开后的零部件如图1—2所示，主要由定子、转子和端盖三部分组成。

定子部分包括机座、定子铁芯和定子绕组。机座支承定子



(a)防护式　　(b)封闭式

图1—1　异步电机外形图

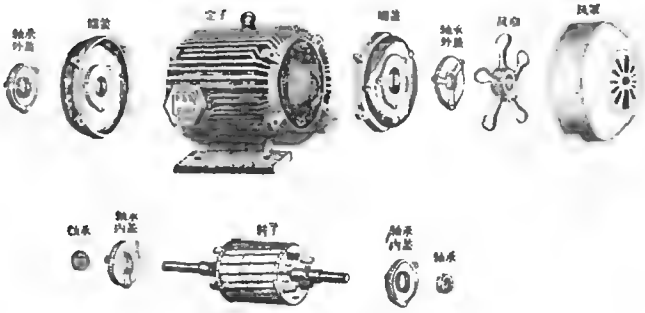


图1—2　鼠笼式电动机零部件

铁芯，一般用铸铁制成。定子铁芯用0.5毫米厚的硅钢片叠成，内圆有槽，槽内安装定子绕组。定子绕组由带绝缘的导线（铜线或铝线）制成，构成电路。导线和铁芯之间互相绝缘，使电流在绕组内按规定的路线流动。

转子部分包括转子铁芯、转子绕组和转轴。转子铁芯一般

也是用硅钢片叠成的。转子铁芯外径与定子铁芯内径之间有一定大小的间隙，称为气隙。定子铁芯、转子铁芯与气隙组成电机的磁路。转子铁芯外圆有槽，以往鼠笼式转子在槽内插入铜条，两端有铜环与铜条焊接，构成转子绕组。如果不考虑铁芯的存在，则铜环与铜条所构成的绕组形状很象鼠笼，因此称为鼠笼式绕组(简称笼式绕组)，如图1—3所示。现代的小型电机，大都采用铸铝笼式转子，可以节约贵重的铜材，并可在端环上铸出风叶片及平衡柱，制造简便(图1—4)。转轴支承转子铁芯，并将电动机所产生的机械功率传递给配装的机器设备。

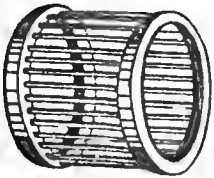


图1—3　鼠笼式绕组

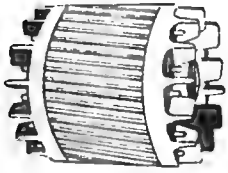


图1—4　铸铝鼠笼式转子

电机的端盖装在机座两端，并通过轴承支承转轴，使转子铁芯能在定子铁芯内自由转动。防护式电机的端盖内装有挡风板，当电机旋转时，挡风板配合风叶片将空气由两端端盖孔吸入，吹拂转子和定子端部，再经定子铁芯背部的机座孔出去，如图1—5所示，以带走铁芯和绕组所产生的热量，使电机的温升不致过高。

封闭式异步电动机的外表面有凸起的散热片。在一端的端盖外装着风扇和风罩，电机转动时，鼓动空气吹拂机座外表面，

以带走铁芯和绕组传到机座上的热量(图1—6)。

绕线转子式异步电动机的定子部分与鼠笼式异步电动机相同，但转子铁芯槽内安装带绝缘的绕组，绕组的引出线接到滑环上，再通过电刷接到外面的变阻器上去。调节变阻器电阻的大小，可以达到改善电动机起动性能或调节电动机转速的目的(图1—7(*a*)(*b*))。

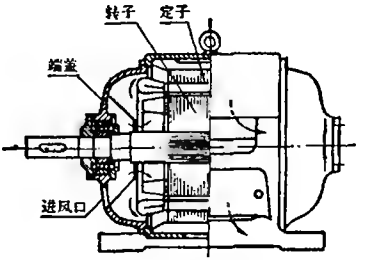


图1—5　防护式异步电机

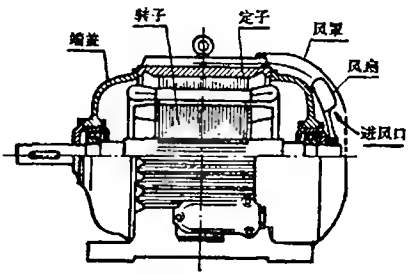


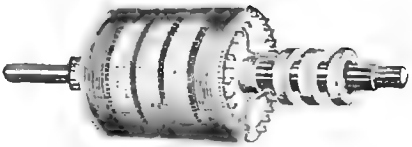
图1—6　封闭式异步电机

由上面所介绍的情况，可知在电动机这个矛盾统一体中，电、磁、力、热四种因素，互相依存，互相制约。因此也可以把电机的主要零部件，按其作用划分如下：

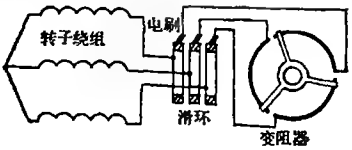
(1) 导电元件　如定子绕组、转子绕组、引出线、滑环、电刷等。

(2) 导磁元件　如定子铁芯、转子铁芯（气隙虽不是导磁元件，但为磁路的重要组成部分。）

(3) 支承和传递机械功率元件（结构元件）。如机座、端盖、轴承、转轴、键等。



(a)外形图



(b)启动时转子接线图

图1—7　三相绕线式转子

(4) 绝缘元件　将导电元件与导磁或结构元件分开的隔离层。

(5) 鼓风导风元件　如风扇、风叶片、挡风板、风罩等。

(6) 标志元件　如名牌、接线标牌等。

按照这种方法来分析，对于其他不同类型电机的结构，也就比较易于了解了。

第三节　三相异步电动机的工作原理

上面我们谈论过，电动机是把电能转变为机械能的动力机械。三相异步电动机是怎样转动起来的？又怎样把电能转变为机械能呢？**"任何运动形式，其内部都包含着本身特殊的矛盾。"**三相电流通入三相绕组而产生旋转磁场，这是三相异步电动机的主要特征。我们要了解三相异步电动机的工作原理，就得先了解电和磁的相互关系，然后进一步讨论旋转磁场的运动规律。

一、电磁作用的基本规律

人类通过长期的生产斗争和科学实验，了解到电和磁是互相依存、互相影响和互相转化的，并且总结了电磁相互作用的基本规律，简单介绍于下。

(一)右手螺旋定则

导线中有电流通过时，就会产生磁场。若电流的方向改变，磁场的方向也跟着改变。电流方向与磁场方向的关系，可用右手螺旋定则来判断。

(1) 直导体磁场 设想用右手握住导体，用大姆指表示电流的方向，那么其余四指就表示磁力线的方向。环形磁力线所在的平面与导体相垂直，如图1—8所示。即磁力线方向用右螺纹旋紧的方向表示时，则电流方向便与螺钉前进方向一致。

(2) 线圈磁场 当电流通过螺管式线圈时，所产生的磁力

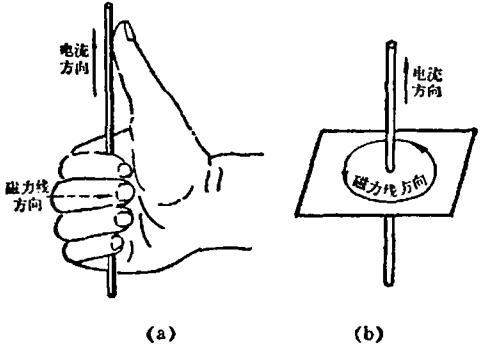


图1—8 直导体电流磁场

线，都要穿过线圈内圆。设想用右手握住线圈，四指表示电流方向，则大姆指表示线圈内磁力线的方向，大姆指所指的线圈端即为线圈的北极(N)，另一端为南极(S)，如图1—9所示。也符合右手螺旋定则，即电流在线圈中流动的方向用右螺纹旋紧时的方向表示，则线圈中磁力线的方向便与螺钉前进方向一致。

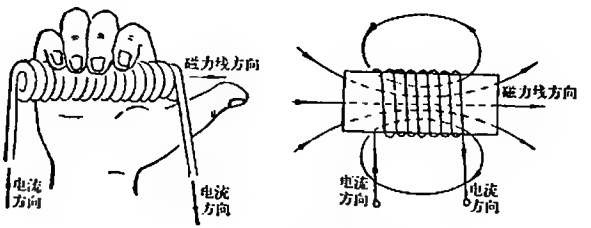


图1—9　线圈电流磁场

(二)发电机(右手)定则

在磁场中，磁力线由北极(N)指向南极(S)。当导体在磁场中受外力推动，垂直于磁力线的方向运动时，导体中即产生电势。如果将导体接成闭合电路，就会产生电流，发出电功率。一般发电机就是按照这个原理制造的。

磁力线方向、运动方向与电势方向的关系，称为发电机右手定则。如图1—10所示，设想右手在磁场中，手掌伸开，用手心对正磁力线(N极)，让大姆指的方向与导体运动的方向相符，这时四指的方向就是导体中所产生的电势的方向。电势的大小，可用下式表示：

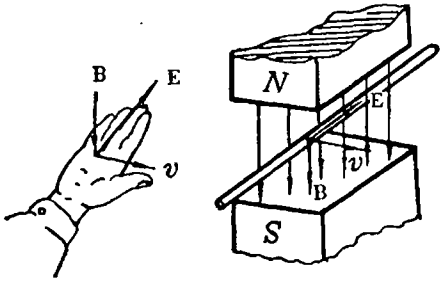


图1—10　右手定则（发电机）

$$E = BLV \qquad (1—1)$$

式中：E——所产生的电势，伏；

B——磁场的磁通密度，韦/米^2；

L——导体的有效长度，即导体切割磁力线部分的长度，米；

V——导体在垂直于磁力线方向的运动速度，米/秒。

必须注意，公式(1—1)是适用于磁力线、电势和导体运动的方向，三者是互相垂直的情况。如导体顺着磁力线的方向运动，或导体顺着本身轴线方向移动，都不会有电势产生。

(三)电动机(左手)定则

当磁场中的导体上有电流通过时，即会产生一种力量推动导体运动，电动机就是按照这个原理制成的。

磁力线方向、电流方向和导体运动方向，也有一定的关系，称为电动机左手定则。如图1—11所示，设想左手在磁场中，手

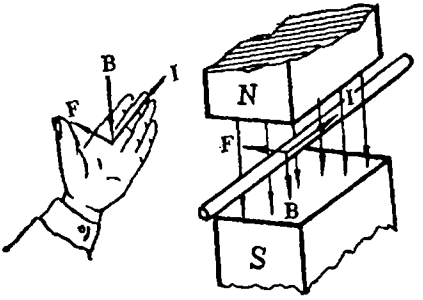


图1—11 左手定则（电动机）

掌伸开，用手心对正磁力线方向(N极)，让四指的方向与导体中电流的方向相符，这时大姆指的方向就是导体运动的方向。推动导体运动的力的大小，可用下式表示：

$$F = 0.102BIL \qquad (1—2)$$

式中：F——导体所受的力，公斤；

B——磁场的磁通密度，韦/米^2；

I——导体中的电流，安；

L——导体的有效长度，即导体切割磁力线部分的长度，米。

上式适用于电流方向、磁力线方向和导体所受的力的方向，也是互相垂直的情况。0.102为理论推导得的一常数。

(四)感应电势

每个线圈都有一种特性，就是要求保持穿过线圈内的磁力线数量（即磁通量）不改变。图1—12中，穿过线圈内的磁力线为ϕ。如果线圈和磁力线都不运动或无变化时，线圈中无感应

电势，即 $e_{ab}=0$。线圈虽固定不动，但如在 Δt 这一很短的时间之内，磁通数量从 ϕ 增加到 ϕ_1，即比原先增加了 $\Delta\phi_1=\phi_1-\phi$ 的磁通增量。这时，由于线圈有着保持线圈内磁通数量不变的趋向，迫使线圈中感应出一个电势 e_{ab}。假若ab两端接通，线圈中就会有电流 i_{ab} 流过（电流方向由a至b），若线圈中的电阻忽略不计，则电流 i_{ab} 产生的“附加磁通”与磁通增量 $\Delta\phi_1$ 刚好相抵消。

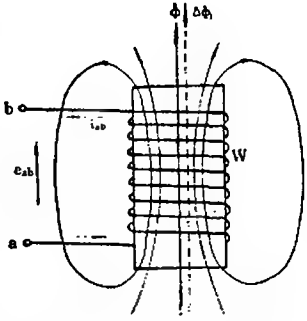


图1—12 线圈感应电势

如在 Δt 这一很短的时间之内，磁通数量由 ϕ 减少到 ϕ_2，即比原先减少了 $\Delta\phi_2=\phi-\phi_2$ 的磁通减量，这时线圈内也将产生感应电势 e_{ba}，假若ab两端接通，线圈中电流方向将由b至a，电流 i_{ba} 产生的“附加磁通”与磁通减量 $\Delta\phi_2$ 刚好相抵消。

实际上ab两端并不一定接通，电流不一定存在，线圈内的磁通量最终也不可能阻止不变。当线圈中的磁通量发生变化时，线圈中就产生感应电势。电势的方向力图使其电流的附加磁场具有反对磁通量变化的性质，因此这种电势又称为感应反电势——这种规律称为楞次定律。

感应电势的大小，与磁通变化速度及线圈匝数成正比，可用下式表示：

$$e_{ab}=-W\frac{d\phi}{dt} \qquad (1-3)$$

式中：e_{ab}——感应电势；伏

W——线圈匝数；

$\frac{d\phi}{dt}$——磁通变化率，韦/秒。

式中负号表示感应电势的性质是反电势，即e_{ab}的方向与$\Delta\phi$的变化方向相反。

二、旋转磁场的产生

三相正弦波交流电源是应用得最广泛的一种多相电源，我们通常用的三相四线制或三线制电源就是这种电源。对称的三相电流可用下列公式表示：

$$\left.\begin{aligned} i_a &= I_m \sin\omega t \\ i_b &= I_m \sin(\omega t - 120°) \\ i_c &= I_m \sin(\omega t - 240°) \end{aligned}\right\} \quad (1-4)$$

式中i_a、i_b、i_c分别为A、B、C三相电流的瞬时值，三相电流最大振幅值都是I_m，ω为角速度。每相电流都在$(+I_m)$到$(-I_m)$之间周期地变化。图1—13中，横座标表示时间t或相位角ωt，纵座标表示三相电流瞬时值，此图称为三相电流的时间波形图。由图1—13和公式(1—4)中都可以看出，ωt经历360°，电流大小变化一周。电学上把这种与电源变化周期相对应的角度，称为电角度。

由图中可见，各相电流达到最大值的时间不同，在t_1瞬时i_a最大；到t_2瞬时i_b最大，到t_3瞬时i_c最大。t_1至t_2，t_2至t_3，均相差$\frac{1}{3}$周期或120°电角度。也可以说，A相电流超前B相电流

120°，B相电流超前C相电流120°；或者说，B相电流滞后A相电流120°，C相电流滞后B相电流120°。

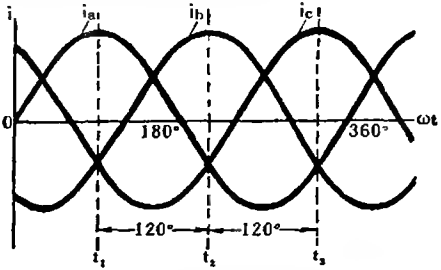
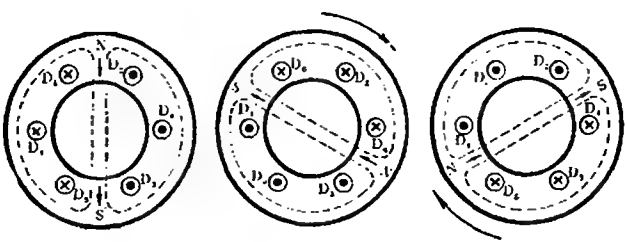


图1—13　三相正弦波交流电

图1—14表示一个简单的三相两极电动机定子的示意图。用三个线圈D_1—D_4、D_2—D_5、D_3—D_6代表三相绕组，对称均匀地安放在定子铁芯内。各相绕组的首端由D_1、D_2、D_3引入，其末端由D_4、D_5、D_6引出。D_1、D_2、D_3、D_4、D_5、D_6分别代表实际电机中的6个极相组的线圈边。因此，每个极占有三



(a) $\omega t_1 = 90°$　(b) $\omega t_2 = 90° + 120°$　(c) $\omega t_3 = 90° + 240°$

图1—14　三相二极电机定子绕组的电流和磁场

个极相组线圈边的位置，而且每个极面下一定包括三个相（对应于A、B、C）的极相组线圈边。

将三相电源A、B、C分别接于首端D_1、D_2、D_3上，并将末端D_4、D_5、D_6接通，于是在绕组中分别流过i_a、i_b、i_c。为了说明问题方便起见，我们假定当电流为正值时，电流由首端流入由末端流出；当电流为负值时，则由末端流入由首端流出。一般习惯用符号⊕表示电流流入纸面，用符号⊙表示电流流出纸面。

参看图1—13及公式（1—4），在t_1瞬时，$\omega t_1 = 90°$，因此得：

$$\begin{cases} i_a = I_m \sin 90° = I_m \\ i_b = I_m \sin(90° - 120°) = I_m \sin(-30°) = -\dfrac{I_m}{2} \\ i_c = I_m \sin(90° - 240°) = I_m \sin(-150°) = -\dfrac{I_m}{2} \end{cases}$$

可见在t_1瞬时，A相电流变化到正的最大值，而与此同时B相和C相的电流都是负的，其大小为最大值的$\frac{1}{2}$。因此，i_a由D_1流入⊕，由D_4流出⊙；i_b则由D_6流入⊕，由D_2流出⊙；i_c则由D_6流入⊕，由D_3流出⊙。此时三相绕组中电流的流向如图1—14(a)。按照右手螺旋定则，三相绕组所产生的合成磁场如图中↑所示，合成磁场的中心线在接到A相电源的D_1—D_4绕组的轴线位置。

在t_2瞬时，$\omega t_2 = 90° + 120° = 210°$，由图1—13和公式

(1—4)，可得出这时各相电流分别为：

$$\begin{cases} i_a = -\dfrac{I_m}{2} \\ i_b = I_m \\ i_c = -\dfrac{I_m}{2} \end{cases}$$

此时三相绕组中电流的流向如图1—14(b)。三相电流所产生的合成磁场中心线便转移到接于B相电源的D_2—D_5绕组的轴线位置。

在t_3瞬时，$\omega t_3 = 90° + 240° = 330°$，由图1—13和公式(1—4)，可得出这时各相电流分别为：

$$\begin{cases} i_a = -\dfrac{I_m}{2} \\ i_b = -\dfrac{I_m}{2} \\ i_c = I_m \end{cases}$$

此时三相绕组中电流的流向如图1—14(c)，三相电流所产生的合成磁场中心线又转移到接于C相电源的D_3—D_6绕组的轴线位置。

由此可见，当三相电流随时间周期地交变的同时，三相绕组的电流在气隙中所产生的合成磁场中心线也不停地沿着定子内圆转动，相当于一对磁极(就两极电机来说)在定子内圆旋转，因此称为旋转磁场。

由上面简单的分析，可知旋转磁场的产生，必须具备两个条件：(1)三相(或多相)交流电源；(2)三相(或多相)交流绕组。

当对称的三相电流接入对称的三相绕组内时，便产生对称均匀的旋转磁场。

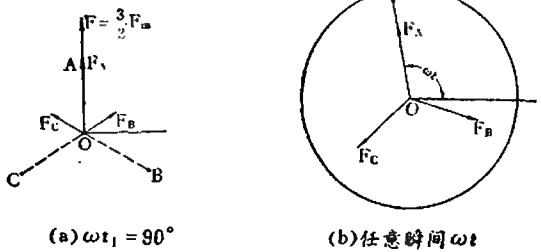
三、旋转磁场的性质

为了较好地了解旋转磁场的规律，下面介绍旋转磁场的几个主要特性——磁势大小、旋转方向、旋转速度、圆形和椭圆形旋转磁场。

(一)旋转磁场的磁势大小

三相绕组通电后，每相绕组所产生的磁势大小，与绕组中电流的大小成正比，磁势方向则由绕组的轴线位置和电流正、负来决定。如图1—14(a)，在 $\omega t_1 = 90°$ 时，$i_a = I_m$，$i_b = -\frac{I_m}{2}$，$i_c = -\frac{I_m}{2}$。

此时第一相绕组(通过 i_a)的磁势大小为 $F_A = F_m$，则第二相



(a) $\omega t_1 = 90°$　　(b)任意瞬间 ωt

图1—15　三相绕组的合成磁势

绕组(通过i_b)和第三相绕组(通过i_c)的磁势大小分别为 $F_B = F_c = -\frac{F_m}{2}$。由于三相绕组的轴线互差120°，三相绕组的磁势如图1—15(a)所示。F_A为正值，磁势方向假定是由O至A；F_B、F_c为负值，磁势方向则分别为由B、C至O。三相绕组合成磁势的中心线在OA线上。F_B、F_c在OA线上的分量方向与F_A相同，分量大小为$\left(\frac{1}{2}F_m\right)\cos 60° = \frac{1}{4}F_m$。因此三相绕组的合成磁势为：

$$F = F_m + \frac{1}{4}F_m + \frac{1}{4}F_m = \frac{3}{2}F_m$$

即t_1瞬时三相绕组的合成磁势的大小为一相绕组最大磁势的$\frac{3}{2}$倍，合成磁势的中心线在D_1—D_4绕组的轴线上。

同理，在t_2瞬时及t_3瞬时〔参考图1—14(b)(c)〕，三相绕组的合成磁势的大小均为$\frac{3}{2}F_m$，但合成磁势的中心线已分别转动到了D_2—D_5绕组和D_3—D_6绕组的轴线上。

在任何瞬间合成磁势的大小是多少呢？

由公式(1—4)，在任一瞬时t，$i_a = I_m \sin\omega t$，那么i_a在绕组中产生的磁势为$F_A = F_m \sin\omega t$；同理，$F_B = F_m \sin(\omega t - 120°)$，$F_c = F_m \sin(\omega t - 240°)$，如图1—15(b)所示。如以$F_A$为基准，三相绕组的合成磁势F为：

$$\begin{aligned} F &= F_A + F_B \cos 120° + F_c \cos 240° \\ &= F_m \sin\omega t + F_m \sin(\omega t - 120°)\cos 120° \end{aligned}$$

$$+F_m \sin(\omega t-240°)\cos240°$$
$$=F_m \sin\omega t+F_m \sin(\omega t+60°)\cos60°$$
$$+F_m \sin(\omega t-60°)\cos60°$$
$$=F_m \sin\omega t+F_m \cos60°[\sin(\omega t+60°)$$
$$+\sin(\omega t-60°)]$$
$$=F_m \sin\omega t+F_m \cos60°[2\sin\omega t\cos60°]$$
$$=F_m \sin\omega t+\frac{1}{2}F_m \sin\omega t=\frac{3}{2}F_m \sin\omega t$$

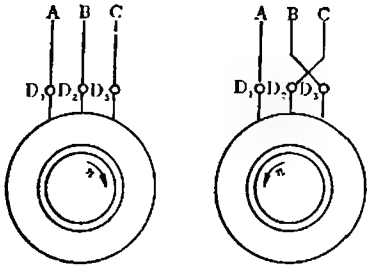
由此可知，对称的三相电流接入对称的三相绕组中，所产生的合成旋转磁场为圆形旋转磁场，磁势大小（圆形半径）等于$\frac{3}{2}F_m$，磁场旋转角速度为ω。

（二）旋转磁场的旋转方向

从公式(1—4)和图 1—13 可以看出，三相电源的各相电压或电流，周期地循环变化着。就其变化的顺序来说，先是A 相达到最大值，其次是 B 相达到最大值，然后是C相达到最大值。这种变化的顺序 A—B—C 称为相序，当三相电源接到三相绕组上时，所产生的旋转磁场的磁势中心线，也是按顺序由接于 A 相的 D_1—D_4绕组的轴线，转移到接于B相的D_2—D_5绕组的轴线，再转移到接于 C 相的 D_3—D_6 绕组的轴线，如图 1—14 (a)(b)(c)所示。旋转磁场顺时针方向旋转，可以简单地用图 1—16(a)表示。

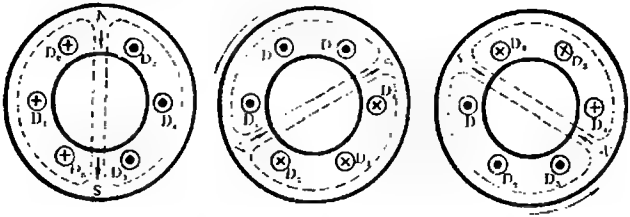
从上面的分析可知，旋转磁场的方向，决定于电动机三相绕组所接电源的相序。旋转磁场总是由电流超前的相绕组的轴

线转向电流滞后的相绕组的轴线。如果将三相电源与电动机三相绕组的三个接头任意调换两个，如图1—16(b)所示，将第二相与第三相绕组所接电源互换，那么原来第二相绕组的电流超前第三相绕组的电流，现在变为第三相绕组的电流超前第二相绕组的电流。这时电动机定子绕组所产生的旋转磁场的移动情况如图1—17(a)、(b)、(c)所示，即改变为反时针方向旋转。



(a)顺时针旋转　　(b)反时针旋转

图1—16　电源线接法与电动机转向



(a)$\omega t_1 = 90°$　　(b)$\omega t_2 = 90° + 120°$　　(c)$\omega t_3 = 90° + 240°$

图1—17　二极电机定子绕组的电流和磁场(B、C电源改接)

在实际生产中，我们就是用调换三相电机中任意二相电源接头的方法，来达到改变电动机旋转方向的目的。

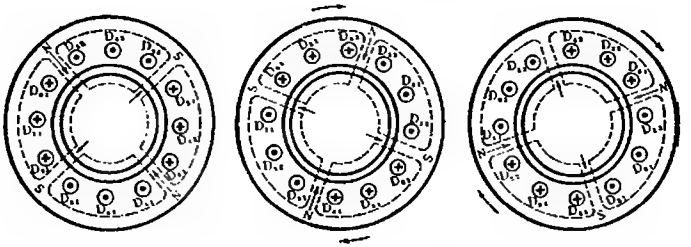
(三)旋转磁场的旋转速度

从图1—13和图1—14中可见，就二极电机来说，当三相电

源的电压和电流变换了一个周期(如由$\omega t = 90°$变换到$\omega t = 90° + 360°$)，即每相都经历了360°电角度后，它们所产生的旋转磁场也正好旋转了一个圆周，也就是说，旋转磁场正好旋转了360°机械角度。如果电源变化频率为50周/秒(或称50赫芝)，即电源每秒交流变化50次，二极(一对极)电机的磁场也就每秒旋转50个圆周，那么磁场每分钟的转速为 $n_1 = 50 \times 60 = 3000$转/分。

下面我们再来分析一下四极(二对极)电动机的定子磁场的旋转速度。

图1—18为一台三相四极电动机定子绕组的示意图。每相绕组各有两个线圈，第一相绕组为 D_{11}—D_{41}，D_{12}—D_{42}；第二相绕组为 D_{21}—D_{51}，D_{22}—D_{52}；第三相绕组为 D_{31}—D_{61}，D_{32}—D_{62}。其中 D_{11}、D_{12}、D_{21}、D_{22}、D_{31}、D_{32} 为线圈的首端，D_{41}、D_{42}、D_{51}、D_{52}、D_{61}、D_{62} 为线圈的末端。



(a)$\omega t_1 = 90°$　　(b)$\omega t_2 = 90° + 120°$　　(c)$\omega t_3 = 90° + 240°$

图1—18　三相四极电机定子绕组的电流和磁场

参照图1—13和公式(1—4)，在t_1瞬时$\omega t_1 = 90°$，这时$i_a = I_m$，$i_b = -\frac{I_m}{2}$，$i_c = -\frac{I_m}{2}$。因i_a为正值，由D_{11}、D_{12}端流入⊕，由D_{41}、D_{42}端流出⊙；因i_b、i_c为负值，分别由D_{51}、D_{52} D_{61}、D_{62}端流入⊕，由D_{21}、D_{22}、D_{31}、D_{32}端流出⊙。三相绕组中电流的方向和所产生的磁场如图1—18(a)所示，合成磁场的中心线分别在接于A相的两个线圈D_{11}—D_{41}、D_{12}—D_{42}的轴线位置，形成两个N极和两个S极。

当电源变化到t_2瞬时，$\omega t_2 = 90° + 120° = 210°$，这时$i_a = -\frac{I_m}{2}$，$i_b = I_m$，$i_c = -\frac{I_m}{2}$。三相绕组中电流的方向和所产生的磁场如图1—18(b)所示，合成磁场的中心线分别转移到了接于B相的两个线圈D_{21}—D_{51}、D_{22}—D_{52}的轴线位置。由图上看到，当时间从t_1到t_2，即$\omega t_1 = 90°$到$\omega t_2 = 90° + 120°$，电源的变化经历了120°电角度，而合成磁场中心线只转移了60°机械角度，即$\frac{1}{6}$圆周。

当电源变化到t_3瞬时，$\omega t_3 = 90° + 240° = 330°$，这时$i_a = -\frac{I_m}{2}$，$i_b = -\frac{I_m}{2}$，$i_c = I_m$，三相绕组中电流的方向和所产生的磁场如图1—18(c)所示，合成磁场中心线又转移到了接于C相的两个线圈D_{31}—D_{61}、D_{32}—D_{62}的轴线位置，即当电源的变化又经历了120°电角度时，合成磁场中心线又转移了60°机械角度。

由此可见，在二对极（四极）电机中，当电源变化经过了一个周期（360°电角度）三相绕组合成磁场中心线仅转移180°机械角度，即$\frac{1}{2}$圆周，电源须经过两个周期的变化，旋转磁场才转动一个圆周。当绕组中电源频率为50周/秒时，旋转磁场每秒旋转$\left(\frac{50}{2}\right)$周。因此，四极电动机磁场的转速 $n_1=\frac{50}{2}\times 60=1500$ 转/分。

由上面分析的两个例子，我们可以概括出其中的规律：

当电机的极对数为1时（2极电机），电源变换1周，磁场旋转1周，如电源频率为f，则电动机磁场转速为：$n_1=f\times 60$ 转/分。

当电机的极对数为2时（4极电机），电源变换1周，磁场旋转$\frac{1}{2}$周，如电源频率为f，则电动机磁场转速为：

$n_1=\frac{f}{2}\times 60$转/分。

当电机的极对数为p时（极数2p），电源变换1周，磁场旋转$\frac{1}{p}$周，如电源频率为f，则得电动机磁场转速为：

$$n_1=\frac{f}{p}\times 60\text{转/分} \qquad (1—5)$$

同样，我们可得出电角度与机械角度的关系：

$$\left.\begin{aligned}\text{电角度}&=p\times\text{机械角度}\\ \text{机械角度}&=\frac{1}{p}\times\text{电角度}\end{aligned}\right\} \qquad (1—6)$$

通过生产实践的检验，上面所概括出来的规律，是符合客观实际情况的。

电源频率 f 是由发电机的极对数和转速决定的。电动机旋转磁场的转速，在电源频率为 f 时，则由电动机的极对数决定。旋转磁场的转速 n_1、频率 f 与极对数 P 保持一定不变的关系，一般称n_1为同步转速。

我国工业电源的标准频率为 f = 50周/秒，因此得出电动机极对数 P 与旋转磁场同步转速n_1的关系如下表。

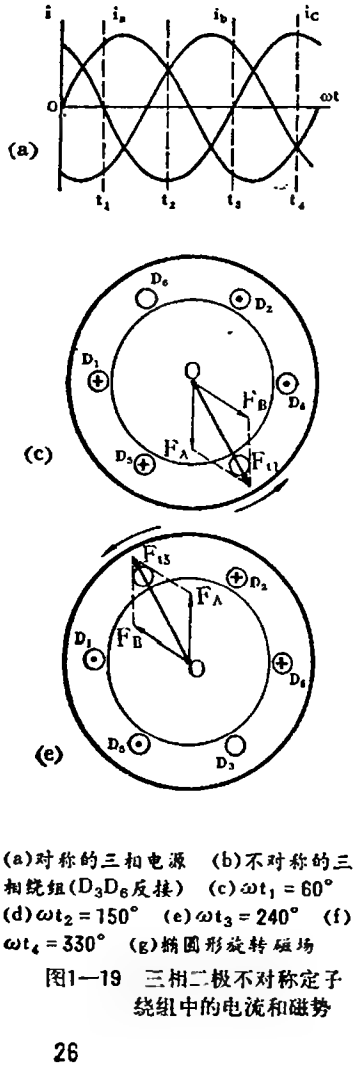
表1—2　　电机极对数与同步转速表(f = 50赫)

电机极对数（p）	1	2	3	4	5	6
同步转速n_1(转/分)	3000	1500	1000	750	600	500

(四)椭圆形旋转磁场

以上我们所讨论的，都是对称的三相电源，接于对称的三相绕组，所产生的旋转磁场，即圆形旋转磁场的情况。如果三相电源不对称或三相绕组不对称时，所产生的旋转磁场将不是圆形的而是椭圆形的。在使用中最易碰到的情况为一相绕组的反接。

图1—19(b)表示三相异步电机中第三相绕组D_3—D_6反接时的情况。由于错把第三相绕组的末端D_6当作首端联接，形成一个不对称的三相绕组。把对称的三相电源接于不对称的三相绕组上，三相绕组中的电流将是不对称的，也就是说，三相电流的最大值不相等。但为了分析方便，我们仍假定三相电流的



(a)对称的三相电源 (b)不对称的三相绕组(D_3D_6反接) (c)$\omega t_1 = 60°$ (d)$\omega t_2 = 150°$ (e)$\omega t_3 = 240°$ (f)$\omega t_4 = 330°$ (g)椭圆形旋转磁场

图1—19 三相二极不对称定子绕组中的电流和磁势

最大值一样。这种假定对分析磁场磁势大小是不准确的，但便于我们了解磁场的特点，即椭圆形磁场的产生原因及其性质。

图1—19(c)、(d)、(e)、(f)分别表示t_1、t_2、t_3、t_4瞬时的磁场磁势。在t_1瞬时，$\omega t_1 = 60°$，由公式(1—4)得出，$i_a = \frac{\sqrt{3}}{2} I_m$，$i_b = -\frac{\sqrt{3}}{2} I_m$，$i_c = 0$。$i_a$为正值，由$D_1$流入⊕，由$D_4$流出⊙，$i_b$为负值，由$D_5$流入⊕，由$D_2$流出。三相绕组的合成磁势如图(c)中$F_{t1}$所示。

在t_2瞬时，$\omega t_2 = 150°$，由公式(1—4)得出，$i_a = \frac{I_m}{2}$，$i_b = \frac{I_m}{2}$，$i_c = -I_m$。i_a、i_b分别由D_1、D_2流入⊕，由D_4、D_6流出⊙；i_c为负值，在正常情况下，应该由D_6流入D_3流出，但由于D_3—D_6已反接，因此i_c为负值时系由D_3流入⊕，D_6流出⊙，三相绕组的合成磁势如图(d)中F_{t2}所示。

在t_3瞬时，$\omega t_3 = 240°$，由公式(1—4)得出，$i_a = -\frac{\sqrt{3}}{2} I_m$，$i_b = \frac{\sqrt{3}}{2} I_m$，$i_c = 0$，其情况与$t_1$瞬时相似，但$i_a$与$i_b$的方向相反，因此三相绕组的合成磁势如图(e)中$F_{t3}$所示。$F_{t3}$与$F_{t1}$的大小相等而方向相反。

在t_4瞬时，$\omega t_4 = 330°$，由公式(1—4)得出：$i_a = -\frac{I_m}{2}$，$i_b = -\frac{I_m}{2}$，$i_c = I_m$。其情况与t_2瞬时相似，但三相电流的方向

相反，因此三相绕组的合成磁势如图(f)中 F_{t4} 所示。F_{t4} 与 F_{t2} 的大小相等而方向相反。

由图中可以看出，F_{t1}、F_{t3} 与 F_{t2}，F_{t4} 的大小是不同的。用同样的方法，还可以画出其他瞬时的合成磁势。如果把每个瞬时的合成磁势画在一个图中，并把合成磁势的端点联起来，就成一个椭圆形，称为椭圆形磁场。

在椭圆形磁场中，合成磁势的大小在每一瞬时都不停地变化，这是它的第一个特点。

椭圆形旋转磁场的同步速度 n_1 与圆形旋转磁场相同。但由于第三相绕组反接，第三相绕组中的电流不是滞后于第二相绕组电流而是超前于第二相绕组电流，因此电源接法虽未变换，可是旋转方向却与原来相反。这是一相反接后所产生的椭圆旋转磁场的第二个特点。

椭圆旋转磁场的第三个特点，往往使电动机的噪音、振动和损耗增大，影响电动机的安全运转和使用寿命。

因此，在三相电机中，应尽可能使三相绕组布置得对称均匀，以形成圆形旋转磁场，椭圆形旋转磁场的情况应极力避免。

四、三相异步电动机的工作原理

将三相电源接于三相定子绕组后，产生转速为 n_1 的旋转磁场。为便于说明，我们用一对旋转的磁极来代表实际的一对极的旋转磁场，如图1—20所示。

当磁极以 n_1 的速度顺时针方向旋转时，转子对磁场具有反方向的相对速度，使得转子导体切割磁力线而产生出电势。

按照右手定则，转子导体上产生的电势的方向，在N极下面是从纸面出来⊙，在S极下面是进入纸面⊕。由于转子绕组自成闭合回路，在转子导体中的电流，其方向基本和感应电势的方向相同。转子导体中的电流与气隙中的磁场作用，使转子产生转矩。按照左手定则，可知转矩的方向，是推动转子顺着定子旋转磁场的方向转动。

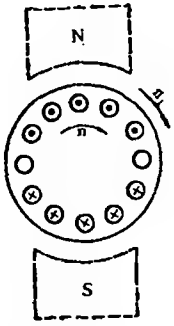


图1—20 定子旋转磁场对转子绕组的作用

当转子的旋转速度n越快，转子导体与定子旋转磁场的相对速度(n_1-n)就越小，转子导体因切割旋转磁场的磁力线而产生的电势和电流也越小。若转子转速n刚好等于旋转磁场的同步转速n_1，转子导体与定子磁场之间便没有相对速度，于是转子导体上就不会产生电势和电流，也就不会产生旋转力矩了。但是电动机即使在无外加机械负载的情况下(空载运行时)，它的风扇和轴承也有一定的摩擦阻力，转子铁芯和转子绕组都需要损耗一些功率，损耗的功率也将产生阻力转矩。因此，转子的转速n必需略低于同步转速n_1，使转子导体中产生一定的电势和电流，以形成一定的旋转力矩来克服阻力转矩，这种速度之差通常用同步转速n_1的百分率表示，称为转差率或滑率：

$$\text{转差率(滑率)}\ S=\frac{n_1-n}{n_1}\times 100\% \qquad (1—7)$$

在电动机空转时，由于空载阻力转矩很小，转差率S一般只有

0.4～0.7%，因此转子速度非常接近于同步转速。

当电动机带动机床设备工作，即电动机有了外加机械负载时，阻力转矩增大，于是转子速度相应下降，转差率S相应增大，转子绕组中的电势和电流也相应增大，相应增加的旋转力矩刚好克服被带动的机械负载的阻力转矩。使电动机能稳定运行。

从力学的基本知识可知，转速×转矩＝功率，这时电动机就对外加机械负载输出了机械功率。

与此同时，由于转子绕组中的电流增大，通过对气隙旋转磁场的相互作用，使定子绕组中的电流也就相应增加，换句话说，电动机从电源线路中吸取的电功率也相应地增加了。电动机就是这样将电能转变为机械能的。

对于一般中、小型异步电动机，在名牌上所规定的额定电压和额定负载情况下，额定转差率S_H约为2—7%。

由于这种电动机的转子的旋转速度一般都在低于同步转速的情况下运行，因此称为异步电动机。异步电动机的转子绕组不直接与电源线路连接，而是靠旋转磁场的电磁感应作用来产生机械功率，因此异步电动机又称为感应电动机。

第四节　三相异步电动机的转矩特性与性能

一、三相异步电动机的转矩特性

转矩特性是异步电动机最基本的特性，对电动机的各项性能影响很大。在上节中我们曾经简单地说明转矩与转差率或转

速的关系，下面再进一步分析电动机由起动瞬间（S = 1时）至同步转速（S = 0时）的转矩变化情况。

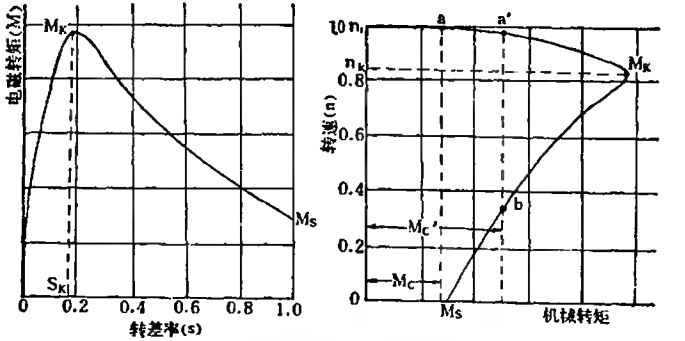
异步电动机转矩是由转子绕组中的感应电流 I_2 与气隙中旋转磁场的磁通 ϕ 中相互作用所产生的，可用下列公式表示：

$$M = C_M \phi I_2 \cos\varphi_2 \qquad (1—8)$$

式中M为电动机所产生的电磁转矩；ϕ 为气隙中旋转磁场一个极下的磁通量；I_2 为转子绕组中的感应电流；$\cos\varphi_2$ 是转子绕组回路中的功率因数。由于转子绕组安放在铁心槽中，绕组中有电感存在，使转子感应电流落后于感应电势一个相位角 φ_2。$I_2\cos\varphi_2$ 即表示转子电流的有功分量。C_M 是一个常数，由电机的结构本身决定。

$I_2\cos\varphi_2$ 随转差率而变化。当电动机开始起动的瞬间，即 S = 1时，转子对于旋转磁场的相对速度等于同步转速 n_1，转子绕组中的感应电势很高，转子电流 I_2 很大；但是这时转子电流的频率与电源相同，转子绕组的电抗比较大，故起动时的 $\cos\varphi_2$ 比较小，于是 $I_2\cos\varphi_2$ 也较小，因而起动时（S = 1或n = 0时）的转矩 M_S 不是很大的（参看图1—21）。当转子转动起来以后，不断地受转矩作用而提高转速，即 n 从 0 逐步增加到接近于同步转速 n_1，相应地S则从 1 逐步减少到接近于 0。

在电源电压基本稳定的情况下，气隙中旋转磁场的每极磁通 ϕ 一般是没有很大变化的，因此转矩M与 $I_2\cos\varphi_2$ 乘积成正比。当转子转速从 0 开始增大，即转差率从S = 1开始减小，转子对旋转磁场的相对速度减小了，使转子绕组中的感应电势和电流都随着 S 一起减小；但与此同时，转子感应电流的频率也相应



(a)M—S 特性曲线　　(b)机械特性曲线

图1—21　异步电动机的转矩特性

地减小，使转子电抗大大降低，提高了功率因数 $\cos\varphi_2$；总的说来，这时 $I_2\cos\varphi_2$ 的乘积是不断增大的，因此转矩随着S的减小而逐渐增加，如图1—21中 M_S 至 M_k 一段曲线。

当转速增加到一定数值 n_k 或S减少到一定数值 S_k 时，$\cos\varphi_2$ 增加的作用与 I_2 减少的作用互相抵消，使 $I_2\cos\varphi_2$ 这个有功分量达到最大值，这时的转矩 M_k 也就是异步电动机的最大转矩。在一般异步电动机中，这时的转差率 S_k 约为0.10～0.15，即转速 n_k 约为(0.85～0.90)n_1。

经过 S_k 以后转差率再减小，转子电流的频率已经很低，电抗不起主要作用，即 $\cos\varphi_2$ 的增加非常微小，而 I_2 随S的减小而减小却是十分明显的，这时转矩M随S的减小而迅速下降，几乎是直线关系。如果转子的转速达到 n_1，即S＝0时，转子绕组对旋转磁场的相对速度为0，不产生感应电势和电流，于是转矩

$M=0$。

图1—21(a) 表示电磁转矩M与转差率S的关系，称为转矩—转差率特性曲线(M—S特性曲线)。图1—21(b) 表示电动机转轴上输出的机械转矩与转速的关系，称为电动机的机械特性曲线。在一般异步电动机中，电磁转矩与机械转矩的数值非常接近，在实际应用上两根曲线基本是相同的，但习惯上把机械特性曲线竖着放置，如图(b)所示。

从曲线上可以看出，直接起动的异步电动机，其负载的阻力转矩 Mc 必须小于起动转矩 Ms，否则电动机不能启动。如果电动机在起动过程中，其机械转矩都大于负载的阻力转矩，则电动机可以顺利起动增速达到运行点 a 。

当电动机在 a 点运行时，这时电动机的机械转矩刚好克服负载阻力转矩M_c。如负载阻力转矩突然增大到M_c'，电动机的转速将降低，转速降低后电机的机械转矩亦增大，在a′点达到新的平衡。如负载阻力转矩Mc′降低到Mc，则电动机从a′增速，自动回复到 a 点，继续稳定地运行。因此，n_1至n_K的这段曲线范围为稳定运行区。

当负载阻力转矩为Mc′时，在曲线上 b 点的机械力矩也刚好可克服Mc′。但电动机在 b 点运行是不稳定的。如果负载突然变动比Mc′略大一些时，电动机的转速将从b点下降，而从曲线上可以看出，转速降低后机械转矩将减小，势将影响机组继续减速，直至停止转动。如果负载突然变动比Mc′略小一些时，电动机将从 b 点增速，而从曲线上可以看出，转速增加后机械转矩亦增大，势必推动机组继续增速，直到新的运行点a′。由

此可知，n_K 至 0 的这段曲线范围为不稳定运行区。

如果电动机在额定电压U_H下运行，而负载阻力转矩Mc刚好等于电动机的额定转矩M_H，则 a 点称为额定运行点，这点的转速n_H称为额定转速，这时的定子电流I_H称为额定电流。

如果电源电压不等于额定电压U_H，一般最常发生的情况是电压过低，此时异步电动机的转矩特性将发生什么变化呢？

由公式(1—8)可以看出，异步电动机的转矩M与ϕ及I_2成正比，用符号表示为$M\propto\phi I_2$，如果忽略一些次要因素，则$I_2\propto E_2\propto\phi$，故$M\propto\phi^2$，但交流磁通$\phi$与外加电压U成正比，因此最后可得$M\propto U^2$。由此可知，若一台异步电动机接在电压不足的电网上，它的转矩就要比额定值成平方倍减小。例如当电源电压降低到304伏，即电压降低到80%时，则额定电压为380伏的电动机的转矩就要减小到原值的64%，而且起动转矩和最大转矩也都降低到原额定值的64%左右。因此，如果电源电压过低，将使电动机丧失过载能力，增加起动困难，甚至不能拖动额定机械负荷，并且很易使电动机烧毁。这是电动机使用维护时应当特别注意的。

二、异步电动机的性能

衡量一台电动机性能的好坏，必须综合考虑各项技术指标。主要的有下列几项：

(1)效率

$$\text{效率}=\frac{\text{电动机输出的机械功率额定值}}{\text{电动机输入的电功率}}\times 100\%$$

从使用观点来考虑，效率愈高，用电愈省。但要求过高的效率将使制造电机的材料与成本增加。因此，根据制造和使用两方面的可能和需要，在产品技术条件中，对异步电动机规定了合理的效率指标。

（2）功率因数

电动机所配用的电源设备（包括发电机、输配电设备等）的利用率，可用电动机的功率因数来衡量。在供给同样大的机械功率时，电动机的功率因数愈高，愈能减轻电源设备的负担，提高其利用率。

（3）起动转矩

起动转矩常用它与额定转矩的倍数值来表示。异步电动机的起动转矩，一般在1.1～2倍之间。如起动转矩太小，常常不能起动负载。有些负载，起动时阻力转矩很小，随着转速的增加而逐渐增大，如鼓风机、水泵等。还有一些负载，在起动时的阻力转矩比额定转矩大很多，如球磨机、牵引设备等。在选用配套的电动机时，应充分注意这种情况。

（4）起动电流

起动电流系指起动瞬间的定子电流。前面曾经谈过，起动时转子电流I_2很大，通过气隙磁场的感应作用，反应到定子上，使定子电流也增大。一般异步电动机的起动电流，约为额定电流的4—7倍。如起动电流过大，将引起电网电压下降，并在电动机绕组内产生强大的电磁振动力，可能损坏或缩短绕组绝缘的寿命。

（5）最大转矩

最大转矩常用额定转矩的倍数值来表示。许多负载在运行时可能发生短时过载情况，如果电动机的最大转矩小于过载转矩，则电动机就不能稳定运行。因此最大转矩倍数也就表示电动机的过载能力。一般异步电动机的过载能力约为1.6～2.5倍。

各种类型异步电动机的性能，在技术标准或产品说明书中都有具体规定，可以根据负载的特性，选用适当的电动机。

第五节　异步电机发电

异步电机一般都作为电动机使用，但在一定条件下，也可用来发电。由于异步电机的应用很广、结构简单、维护方便、价格亦较低廉，在“大、中、小相结合”开展群众办电的运动中，小型电站（特别是小型照明用电站）采用异步电机发电，是比较经济合理的。但是，异步电机发电时，所能带动的动力负载，比同容量的同步发电机少得多；当负载变动时，电压稳定性（电压调整率）也较差。这些优点和缺点，在考虑采用异步电机发电时，都应注意分析比较，用其所长，舍其所短，以充分发挥异步电机多方面的作用。

一、异步电机发电的工作原理

在本章第三节中我们曾讨论过发电机右手定则，知道导体在磁场中切割磁力线运动时，就会产生电势。从这个基本规律得知，要使电机发出电来，必须具备两个基本条件：（1）要建立磁场；（2）要使导体在磁场中运动（指切割磁力线）。由原动

机（柴油机、汽油机或水力机械等）带动电机的转子不停地旋转，可以满足第（2）个条件，下面我们着重讨论建立磁场的问题。

绕线式异步电机在转子绕组中通入直流电，即产生南北磁极，可以满足第（1）个条件。其工作原理与同步电机相似。这种方法虽较简单可靠，但因绕线式异步电机价格较高，数量较少（小容量绕线式异步机更少），实际上很少用来作发电机，本书中也不作进一步的介绍。

一般异步发电都采用鼠笼式异步电机。鼠笼转子中不可能通入直流电。磁场的建立有两种方法：一种是利用电网的电源激磁，另一种是利用电容器激磁。

（一）电网电源激磁发电

我们曾经讨论过，三相电流接入三相绕组产生旋转磁场。异步电动机都是在低于同步转速 n_1 的情况下运行，如图1—20所示。如果原动机（柴油机或水轮泵）带动电机转子，使其转速 n 超过同步转速 n_1，则转子导体切割气隙磁通所产生的电流如图1—22所示。将图1—22与图1—20比较来看，图1—22中转子电流方向与图1—20（电动机运行状态）相反。通过气隙磁通感应作用，影响定子的有功电流亦将反向，也就是说，定子不是从电网

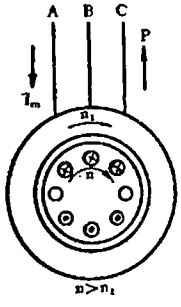


图1—22 异步电机超速发电

中吸取有功功率而是向电网输出有功功率，于是异步电机处于发电运行状态。

如果 $n-n_1>0$ 超速愈多，则发出的电功率亦愈多。这时异步电机的转子速度虽然超过同步转速，但所发出电流的频率仍与原来电网频率一致，这是异步发电机的一个显著特点。

在这种超速运行的情况下发电，异步电机可以将原动机供给的机械能转变为电能向电网输出；但异步电机仍要从电网中吸取无功电流（即激磁电流）来建立旋转磁场，将增加电网中其他同步发电机的无功负载，这是它的另一个显著特点。

这种发电方法虽很简便，但要在原有交流电源容量较大的地方才能使用，因此实际应用的也不多。

(二)电容器激磁发电

利用电容器激磁，是异步发电时用得最普遍的一种方法。图1—23为电容器激磁发电的示意图。当原动机带动异步电机转子以一定速度旋转时（比同步转速提高5％左右较为适宜），由于电机在以前曾经通电试验或运行过，铁芯中一般都有少量剩磁存在。转子铁芯上的剩磁通ϕ。切割定子绕组，并在其中产生电势E_0，其相位角落后于剩磁通ϕ_0 90°，如图1—24(a)。如果与电机并联的电容器C有足够大的电容量，即电容电抗Xc不太大，则E_0在C中将产生电流I_0，I_0的相位将比电势E_0超前约90°，如图1—24(b)所示。因此I_0的相位与剩磁通ϕ_0的相位基本相同，由于I_0通过

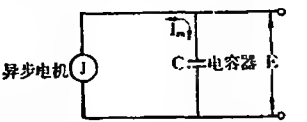


图1—23 电容器激磁发电

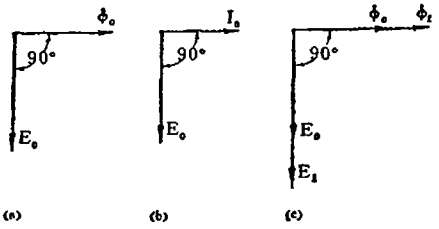
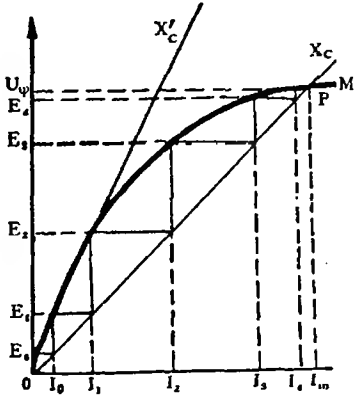


图1—24　电容激磁发电时磁通、电势与激磁电流的关系

电机定子绕组所产生的磁通 Φ_1 将与 Φ_0 叠加，叠加后的磁通 $(\Phi_0+\Phi_1)$ 将产生较大的电势 E_1，如图1—24(C)。E_1 将使通过电容器及定子绕组的超前电流 I_1 又增大，如此循环影响，经过 I_0、E_1、I_1、E_2、I_2、E_3 ……电势不断增加，一直到P点才稳定，如图1—25所示。这种情况和并激直流发电机的自激情况相似。如果Xc的数值增大（即电容量C减少），图中OXc直线将以O点为轴心向左转移。当移到与电机空载特性曲线相切，即OXc′的位置时，发电机的电压将出现不稳定状态。如



OPXc电容器C的电压特性线

E_0PM电机空载特性曲线

图1—25　电容激磁建立电势

Xc超过Xc′值时，发电机电压即不可能建立起来。因此 Xc′称为临界电抗，相当于Xc′的电容量C′称为临界电容量。

调整电容器C的电容量大小时（但须大于临界电容量C′），P点的位置将在 E_0PM 曲线上移动，就可以得到不同的空载电压。

当P点的电压等于电机的额定电压U_ϕ时，则此时通过电容器及电机定子绕组的电流将等于电机的激磁电流 I_m。此时的激磁电流不是由电网供给，而是由电容器与电机定子绕组相互作用而产生的，因此称为电容器激磁发电。这时的电容量C 称为基本电容或主电容。

当异步发电机接上负载，由于线路及电机绕组内部存在电感电抗，即使负载的功率因数 $\cos\varphi = 1$（如一般灯光负载），负载电流增加时，感性无功电流分量也将增加，感性电流与容性电流是相抵销的，因而使定子绕组中的电容性无功电流减少，激磁作用也随之减小，电压就下降；电压下降又使电容器电流减少，激磁作用也就更减小。这样互相影响，将使异步发电机的电压下降很大。假若接上感性负载（如带动感应电动机），由于感性无功电流分量很大，异步发电机的电压更将急剧下降，甚至使电压建立不起来。

为了保持异步发电机的电压稳定，在接上负载时（特别是接上电动机负载时），必须同时增加电容器容量，使克服感性无功电流分量后，定子绕组中仍维持足够的容性无功电流（比 I_m 稍大一些），以保证激磁作用不因负载的增加而减弱，反而稍有增强，这样异步发电机才能带负载稳定运行。这种随负载而增加

的电容量称为调剂电容或辅助电容。

二、电容器的选用与联接

从以上分析可知，异步发电机的自激建压以及电压调节，都要利用电容器。由于所需电容量相当大，电容器的价格比较贵，采用异步电机发电时，电容器的投资占相当大的比重。因此，对于电容器的正确选用和联接，是影响异步电机发电的成本和运行可靠性的重要因素之一。

(一)电容器的选用

电容器又称贮电器，一般是在两块金属箔中间隔以绝缘物质所组成。金属箔叫做电容器的两个极，绝缘物质叫做电容器的电介质。

电容器的种类很多，在电力网路上应用的，一般有下列三种：

(1)纸介质电容器：用蜡纸作电介质材料，在二条金属箔之间隔一层或数层蜡纸，卷成或折成很小的体积，盛于金属容器内。容器有圆柱形的和方形的，其端面有两个接线柱，供接线用。

(2)油浸纸介质电容器：用浸过绝缘油的绝缘薄纸作电介质材料，夹在金属箔之间，卷折后装在盛有绝缘油的容器内，加以密封。绝缘油的作用，可以提高电介质的绝缘强度，还可以使电容器内部的热量容易导散出来。油浸电容器的电容量一般较大，而且质量、可靠性较纸介质电容器好，但价格也较高。

(3)电解质电容器：这种电容器内有二条或多条铝箔，铝

箔之间隔一层或数层纱布，纱布用电解液（化学药剂）完全浸透。将铝箔和纱布卷好装于铝制筒内加以密封。由于电解液的作用，使铝箔上形成一层很薄的绝缘膜作为电容器的绝缘介质。这种电容器的电容量较大，价格较廉。但一般只用于直流电路上，这种电容器的接线柱上标有（+）和（-）号，正负极不能接错，否则很容易损坏。

异步发电机产生的是交流电压，因此不能采用电解质电容器。蜡纸电容器虽可用，但可靠性较差，最好采用油浸电容器。

电容器的额定电压，有交流的，有直流的。因发电机一般为380伏交流电压，最好采用交流400伏的电容器。若买不到交流电容器，也可以用直流电容器。但直流电容器接上交流时容易发热损坏。因此，所用直流电容器的直流额定电压必须大于发电机工作电压2—3倍，才能可靠地运行。

电容器的电容量以法拉作单位，简称法（F）。在实际应用中，法的单位太大，通常用微法（μF）来表示：

$$1\text{微法}(\mu F)=\frac{1}{1{,}000{,}000}\text{法}(F)$$

电容电抗则可用下式表示：

$$Xc=\frac{10^6}{2\pi fC} \qquad (1—9)$$

式中：Xc——电容电抗，单位为欧（Ω）；

f——电流频率；

C——电容量，微法（μF）。

(二)电容器的联接

电容器的联接也和电阻器一样，有串联和并联两种。电阻器串联时欧姆数增大，电容器串联时，电容电抗的欧姆数也增大，但电容量则减小。电阻器并联时欧姆数减小，电容器并联时，电容电抗的欧姆数也减小，但电容量则增大。在异步发电设备中，一般根据电容量和工作电压来选择电容器，并且把具有同样电容量的电容器串联或并联成一组一组的。串联或并联后总电容量和工作电压的计算，举例说明如下：

例题

今有2uF、400伏交流油浸纸介质电容器4个，分别计算串联和并联时的总电容量和工作电压。

(1)**串联时的计算公式**：串联后总电容为C，

$$\frac{1}{C}=\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}+\frac{1}{C_3}+\cdots\cdots+\frac{1}{Cn} \qquad (1—10)$$

若$C_1=C_2=C_3=\cdots\cdots=Cn$，则

$$C=\frac{C_1}{n} \qquad (1—11)$$

串联后的工作电压

$$V=V_1+V_2+V_3+\cdots\cdots+Vn。 \qquad (1—12)$$

若$C_1=C_2=C_3=\cdots\cdots=Cn$，则$V_1=V_2=V_3=\cdots\cdots=Vn$，故

$$V=nv_1 \qquad (1—13)$$

在上列各式中：

C—串联后的总电容量，微法；

$C_1C_2C_3\cdots\cdots Cn$—单个电容器的电容量，微法；

V—串联后的工作电压，伏；

$V_1 V_2 V_3$……Vn—单个电容器的工作电压，伏；

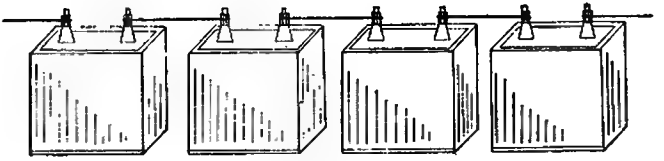
n—串联电容器个数。

具体到本题情况，n = 4，$C_1 = 2\mu F$，$V_1 = 400$伏；

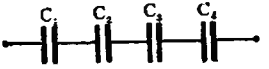
由式(1—11)和式(1—13)得：

$$C = \frac{C_1}{4} = 0.5\mu F$$

$$V = 4V_1 = 1600V$$



(a)接线图



(b)符号图

图1—26　电容器的串联

(2)并联时的计算公式：并联后的总电容，

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + \cdots\cdots + Cn \qquad (1—14)$$

若$C_1 = C_2 = C_3 = \cdots\cdots = Cn$，则：

$$C = nC_1 \qquad (1—15)$$

并联后的工作电压：

$$V = V_1 = V_2 = V_3 = \cdots\cdots = Vn \qquad (1—16)$$

在上列三式中：

C—并联后的总电容量，微法；

C_1，C_2，C_3……Cn—各电容器的电容量，微法；

V—并联后的工作电压，伏；

V_1，V_2，V_3……V_n，—各电容器的工作电压，伏；

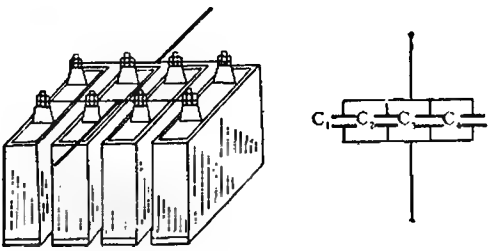
n—并联电容器个数。

具体到本题情况，n = 4，C_1 = 2μF，V_1 = 400伏。

由式(1—15)和式(1—16)得：

$C = 4C_1 = 8\mu F$

$V = V_1 = 400$伏



(a)接线图　　(b)符号图

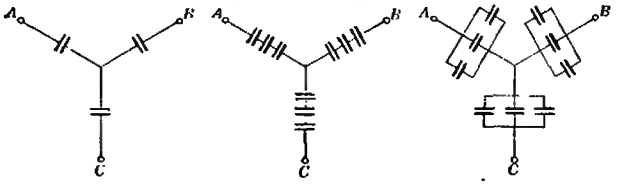
图1—27　电容器的并联

由以上分析计算告诉我们：当几个同容量的电容器串联时，总的电容量会减少，但工作电压提高了；当并联时，总的电容量会增大，但工作电压不变。在不同的情况下，采用不同的接法，可使总的电容量和工作电压符合所需的要求。

(三)三相电路中电容器的接法

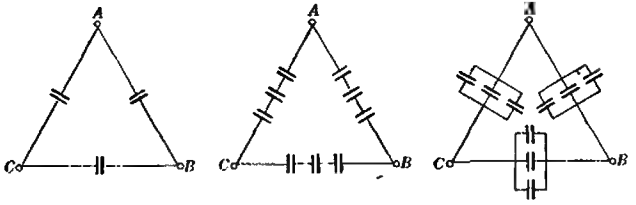
异步发电机一般都是三相的，因此电容器在串联或并联成组后，还应将其接成星形(亦称Y形)或三角形(亦称△形)，才能接到三相电路上去。图1—28为电容器的星形联接图，图1—29为电容器的三角形联接图。两图中(b)表示串联电容器组的

接法，(c)表示并联电容器组的接法。不论是串联或并联，一般用单个电容符号代表一组电容器，如图中(a)所示。



(a)单个电容器　(b)串联电容器组　(c)并联电容器组

图1—28　电容器的星形联接



(a)单个电容器　(b)串联电容器组　(c)并联电容器组

图1—29　电容的三角形联接

在实际工作中，究竟应该把电容器接成Y形还是△形？这要根据发电机和电容器的具体情况来决定。当电容器组接成△形时〔图1—30(a)〕每组电容器上都要承受全部线电压U_H，如果激磁电流为I_m，每组电容器中流过的激磁电流I_c则只有$\frac{I_m}{\sqrt{3}}$，每组电容器的电容量为：

$$X_c = \frac{10^6}{2\pi f C_\phi} = \frac{U_H}{(I_m/\sqrt{3})} = \frac{\sqrt{3}U_H}{I_m}$$

$$C_\phi = \frac{1}{\sqrt{3}\,2\pi f}\left(\frac{I_m}{U_H}\right)\times 10^6$$

若额定电压 $U_H = 380$伏，$f = 50$赫，则得：

$$C_\phi = 4.85\ I_m \quad \text{微法}$$

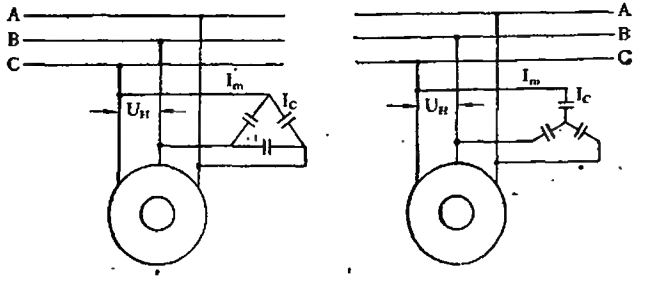
三组电容器的总电容量C为

$$C = 3C_\phi = 14.55\ I_m \qquad (1—17)$$

式中：C——△接时三相电容器总电容量，微法；

I_m——异步发电机电压为U_H时所需的激磁电流（线电流），安。

当电容器组接成Y形（见图 1—30(b)），每组电容器只承受$\frac{U_H}{\sqrt{3}}$的电压，而流过全部 I_m，每组电容器的电容量为：



(a)△接法　　(b)Y 接法

图1—30　主电容器联接法

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C\phi \times 10^{-6}} = \left(\frac{U_H}{\sqrt{3}}\right)/I_m$$

$$C\phi = \frac{\sqrt{3} I_m}{2\pi f U_H} \times 10^6$$

若额定电压 $U_H = 380$伏，$f = 50$赫时，则得：

$$C\phi = 14.55 I_m \text{ 微法}$$

三组电容器的总电容量C为：

$$C = 3C\phi = 3 \times 14.55 I_m \qquad (1—18)$$

式中：C——Y接时三相电容器总电容量，微法；

I_m——异步发电机电压为 U_H 时所需的激磁电流，安。

异步电机作电动机运行时，可测出空载电流I_o和空载时功率因数$\cos\varphi_o$，或空载损耗P_o，由P_o可求出空载电流中的有功分量 $I_p = \frac{P_o}{U_H}$，由此可求出激磁电流 I_m

$$I_m = I_o \sqrt{1 - \cos^2\varphi_o} \qquad (1—19_a)$$

或

$$I_m = \sqrt{I_o^2 - I_p^2} = \sqrt{I_o^2 - \left(\frac{P_o}{U_H}\right)^2} \qquad (1—19_b)$$

异步发电机的主电容一般都采用△接法，此时三相电容器总的无功功率为：

$$Q = \sqrt{3} U_H I_m \times 10^{-3} \text{(千乏)} \qquad (1—20)$$

必须指出：由此计算而得到的主电容量和无功功率，都不是很准确的，只能做为准备电容器组的参考，待发电机试运行时再加以调整，得出准确数据。主电容数值调整准确后，一般不需

要变动，可以接在配电板上，但须注意要接在发电机总电流表的后面，否则电流表的读数就不能反映发电机的实际负载情况，这对于监视发电机的运行是不利的。

当发电机接上负载时，一般须同时加上附加电容，以保持电压稳定。电动机负载的附加电容器，最好安装在电动机附近。单相电阻负载（如灯光及单相电炉等），其附加电容器一般接在发电机附近。并把附加电容器分成几级，以便根据负载情况而增减附加电容量以调节电压。这种分别对待的联接方式，对发电机的调节、控制以及减少输电线路上的电压降，都是有利的。图1—31为这种联接方式的例子。灯光负载附加电容器的一个极接在火线上，另一个极接在O线上，两端电压为220伏，可以采用工作电压较低的电容器，比较经济。

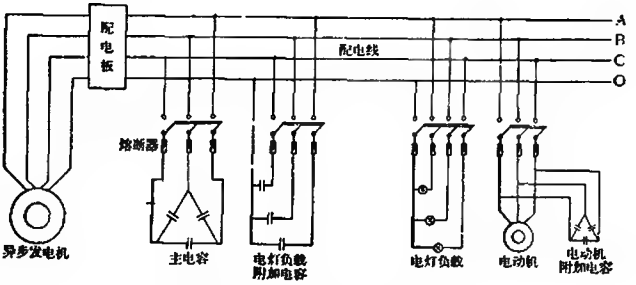


图1—31　异步发电接线图

根据计算结果及某些单位的运行经验，一般异步发电机配用电容器的容量如表1—3。由于异步电机的性能变化较多，本表仅供筹划异步发电时的参考，如需要较准确的数据，须根据所

选用异步电机的特性进行计算，在试运行时再加以调整。

表1—3　3相380伏750—1500转/分异步发电机所需电容量(微法)

电机功率(瓩)	基本电容(△接法)	满载调剂电容(△接法)	
		cosφ = 1.0	cosφ = 0.8
1.0	20—35	25—35	—
1.7	30—45	45—60	—
2.8	45—60	60—80	—
4.5	60—80	90—120	160—180
7.0	80—100	120—150	250—280
10.0	100—150	150—220	340—400
14.0	130—180	210—270	460—520
20.0	180—260	300—360	660—720
28.0	220—330	410—500	930—1000
40.0	300—400	560—710	1300—1500

注：电机转速较高时选用较小值，转速较低时选用较大值

三、异步发电时应注意事项

异步发电机运行时和其他发电机大致相似，首先由原动机带动电机转子旋转，使其转速比同步转速提高约5%左右，然后接上主电容器，大约经过5—15秒钟左右，发电机电压才能升到额定值。

主电容接上后经过一段时间，如无电压产生，可能是发电

机铁芯中的剩磁已完全消失，应设法恢复“剩磁”，恢复的方法是：

(1)用一节或二节干电池或蓄电池，串接在发电机定子绕组的两个出线头上，经过几秒钟，即可恢复“剩磁”。

(2)把电机接到交流电源上，作电动机运转几分钟，亦可恢复“剩磁”。

剩磁恢复后若仍不产生电压，就应考虑主电容的电容量是否够大(电容器用久后电容量可能减小)或转速是否达到规定数值。可加大电容量(加入一部分附加电容)或适当提高转速。

如发电机已产生电压，但电压达不到额定值时，可采用两种调整方法：

(1)保持原有的主电容量不变，而提高转子转速，转速提高时，电压成比例地增高。但最高不应超过同步转速的20%。

(2)保持机组的转速不变(一般转数应在 $105\%n_1$ 左右)，加大主电容量的40—60%，当电压开始上升时，应注意监视电压表，在电压将达到额定值前，就要逐步减少增加上去的附加电容量，以免电压过高损坏设备。

异步发电机建立电压后，就可以准备接上负载。异步发电机和其他发电机一样，如不加以适当调整，就会因负载增加而逐步降低电压，甚至电压会完全消失(当感应电动机负载太大时)。保持异步发电机负载运行时电压稳定的方法也只有增加附加电容量或提高转速。

用电容器自激的异步发电机，其频率大致根据转速而变，当转速为同步转速的110%时，频率约为55周/秒左右，一般异步发

电机的频率变化应不超出±20%，即应在40周/秒至60周/秒范围内，因此转速调整一般应在同步转速±20%的范围内。

用增加附加电容量来维持电压稳定的方法，应用得很普遍，前面谈到附加电容器的分级，就是为了便于调节电压。附加电容量虽没有限制，但电容器价格较高，增多电容器将增加设备费用。

因此通常采用既改变附加电容量也改变转速的两种办法，来调节异步发电机负载时的电压，使电容器数量不需要太多，而频率变化也不太大，来达到电压基本稳定的目的。

为了不使电容器的设备费用太多和发电机负载时电压较稳定，异步发电机适宜于带电阻性负载(如电灯、电炉)，而对于异步电动机的负载，其动力总容量一般可达到发电机容量的40%左右，而单个电动机的容量不宜大于发电机容量15%。否则就会增加发电成本和影响发电机的电压不稳定。

为了保证安全运行，在负载时要注意监视电流表的情况：

(1)当发电机额定电压增高5%或10%时，电流应照额定值减低5%或10%；

(2)发电机在额定负载的情况下，各相不平衡电流之差，不应达到额定电流的20%；

(3)任何一相的电流，最好都不超出额定电流值，但允许短时间超过额定负载，并应采取紧急措施，迅速降到额定值以下运行，在任何情况下，都不应超过允许温升运行。

当发电机在满载时突然失去负载，它的转速与电压将会急剧上升，电压升得太高就会损坏电容器和发电机的绝缘。因此，遇到这种情况时，应首先很快地拉开所有电容器，然后降

低原动机的转速，这些动作应愈快愈好。待情况稳定，并查明突然失去负载的原因加以消除后，再重新激磁起压，接上负载运行。

第六节　异步电动机的名牌和型号介绍

一、名牌介绍

名牌安装在电动机的外表面显著的地方，是电机的主要标志元件。名牌上载明电机的简要数据，以便用户正确选择和使用电机，所以我们必须正确地了解名牌。下面是JO_2型电动机名牌的一个例子。

三相异步电动机		
型号：JO_2-52-4	功率：10瓩	转速：1450转/分
电压：380伏	电流：19.9安	接法：△
频率：50赫芝	E级绝缘	连续运行
技术条件：JB742－66		重量　107公斤
出品编号：×××××　1972年12月		××电机厂制造

型号：表示电机防护型式和转子类型等而引用的一种产品代号，说明详见本节«产品型号介绍»。

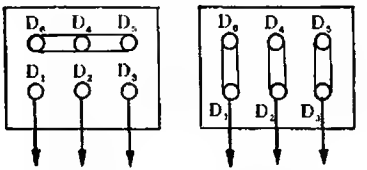
功率：表示在满载运行时电机轴上所输出的机械功率，亦称额定功率，以瓩(KW)或瓦(W)为计算单位。

电压：亦称额定电压，指接到电机绕组上的线电压，单位为

伏。电压变动一般不应超过名牌规定值的±5%。电压过高过低都可能引起电机过热。电压过低还会造成启动困难。

电流：亦称额定电流，指电机在额定电压下达到额定功率时流入定子绕组的线电流，以安(A)为单位。

接法：表示在额定电压下电机三相绕组联接方式(Y形或△形)。一般电动机三相绕组的首末端均引到出线板上，如图1—32所示，可以接成Y形或△形。但必须按名牌上规定的接法联接，才能正常运行。如规定为Y形联接而错接成△形，则电机绕组很快就会烧坏。如规定为△形联接而误接成Y形，则电机的输出功率就会降低很多，甚至不能带负载运行。



(a)Y接法　　(b)△接法

图1—32　出线板接法

转速：指在额定电压、标准频率和输出额定功率情况下，电动机每分钟的转速。

频率：我国工业电源标准频率为50周/秒，亦称50赫。

绝缘等级：绝缘等级与电机允许的温升有关。中小型电动机的绕组绝缘，有A级、E级、B级和F级，其中以E级绝缘应用得最普遍。各级绝缘的极限温度及常用绝缘材料名称见第四章表4—4。有些电机名牌上标明允许温升而不标明绝缘等级。

运行方式：连续运行系指电动机在名牌规定的情况下可以

连续不断地运行。一般电动机都是连续运行。但对特殊用途的电机，还有“断续运行”和“短时运行”等运行方式。

断续运行的电机，只能间断地使用，并以负载持续率的百分数表示。标准负载持续率分为四种：15%、25%、40%、60%，以10分钟为一周期。例如25%断续运行的电机，每十分钟内负载运行的时间不能超过2.5分钟，否则就可能引起电机温升过高而损坏。吊车等起重设备上一般都采用断续运行的电动机。

短时运行的电机只能在规定的短时间内满载运行。短时运行的标准持续时间分为四种：10分、30分、60分和90分钟。在达到规定的短时运行后，必须停车或降低负载，待电机冷却后再运行。一般闸门启闭机构多采用短时运行的电动机。

技术条件：指电机生产所必须遵循的技术规定。一般重要的具有共同性的技术规定，由国家或主管部门制成技术标准颁布。“GB”为我国国家标准，“JB”为一机部部颁标准。“JB742－66”系指一机部于1966年制订公布的第742号技术标准（J_2、JO_2系列三相异步电动机技术条件）。各种类型的电机均须按照有关的技术标准生产。

如为绕线式转子的电动机，名牌上还应标明“转子开路电压”和“转子电流”，作为配置起动变阻器时的参考。

一般说来，名牌数据反映了电机的一定特征和工作能力。在名牌标示的额定情况下，可以保证电机的正常运行和正常使用寿命。不经过科学分析，盲目地超越额定负荷运行，容易造成电机损坏或使电机寿命大为缩短，这种作法是应该禁止的。但是有些人认为名牌上的额定数据绝对不许超越，这种形而上

学的看法也是错误的。用毛泽东思想武装起来的我国工人阶级“破除迷信，解放思想”，创造了许多宝贵经验，在深入分析电机运行的客观规律，改进某些条件克服薄弱环节后，就可以使电机能在一定范围超过额定负载情况下正常安全运行，为社会主义建设发挥更大的作用。

二、产品型号介绍

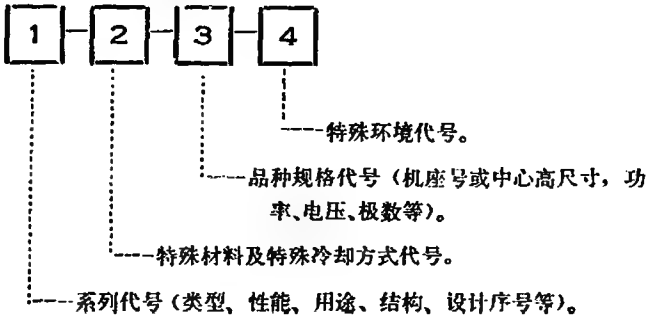
产品型号是为了统一国家产品的品种，便于设计、制造、使用等部门进行业务上的联系和简化技术文件中产品名称、规格、型式等的叙述而引用的一种产品代号。每一型号代表一种系列产品，如基本系列、派生系列、专用系列等。

解放以前，资本主义国家的电机在我国市场上倾销，即使国内自己生产的少数电机，也是抄袭不同国外厂家的型号。因此，同一类型的产品，有各种不同的型号；而某些不同类型的产品，却又有相似的型号。充分表现出半封建、半殖民地经济的混乱状态。

解放以后，在党的英明领导下，我国电机工业得到迅速发展。但由于刘少奇一伙的干扰，鼓吹洋奴哲学、爬行主义，提倡“自行设计不如仿造”，全盘搬用苏联产品型号。乌云究竟遮不住太阳，在伟大领袖毛主席制定的关于“**鼓足干劲，力争上游，多快好省地建设社会主义**”的总路线的指引下，我国电机工业终于排除了帝国主义和修正主义的阻碍和干扰，制订了我国自己的电机产品统一型号，这标志着我国电机工业走上了独立发展的新阶段。

我国电机产品型号，一律采用国务院颁发的汉语拼音大写字母和阿拉伯数字组成。挑选产品全名称中有代表意义的汉字，用该字的第一个汉语拼音字母代表该产品的型号，如“C”代表深“槽”，“S”代表“双”鼠笼，“R”代表“绕”线转子等。但对习惯沿用和象形的字母仍然采用，如“J”代表“异”步电机，“O”代表封闭型式等。

电机产品型号编制排列顺序：



例：$JO_2-L-52-4/8-TH$

JO——表示封闭型式一般用鼠笼式三相异步电动机。

2——第二次改进设计序号

L——铝线电机

52—4/8——表示*5机座*2铁芯长度，4极/8极双速电动机。

TH——特殊环境湿热带用电机。

特殊材料及特殊冷却方式代号：

L——“铝”线

S——“水”冷

F——强力“风”冷

特殊环境代号：

TH——湿热带用

TA——干热带用

H——海船用

G——高原用

F——化工防腐用

W——户外用

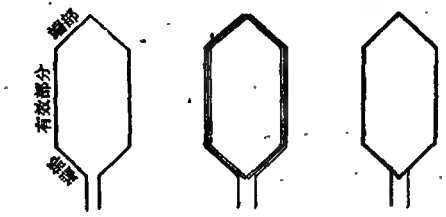
我国中小型异步电动机的产品型号见附录1。

第二章　三相交流电机绕组

上章我们讨论过，三相电源接入三相电机定子绕组，产生旋转磁场，把电能转换成机械能。绕组是电机的最重要部分，俗称为电机的心脏，也是电机最容易发生故障的部分。电机修理工作，大部分是对绕组的修理。因此，我们对于电机绕组，须进行比较深入的分析和讨论。

第一节　概　　述

为了提高劳动生产率和减轻劳动强度，工人同志在制造电机绕组时，一般都是先用线模绕制成线圈，然后按一定规律，将线圈一个一个地嵌入铁芯槽中，再联接成电机绕组。由于绕组是由线圈组成的，所以线圈也称为绕组元件。元件可能由一匝导线绕成，如图2—1(a)。也可能由多匝导线绕成，如图2—1



(a)单匝线圈　　(b)多匝线圈　　(c)多匝线圈简化图

图2--1　绕组元件（线圈）

(b)、(c)。绕组元件放在铁芯槽内的直线部分，起着转换电磁能量的作用，称为有效部分。两个有效部分之间的联线，称为端部。端部的作用只是把有效部分联接起来，不直接转换电磁能量。大部分绕组元件都是多匝的，但为了图形简明起见，我们有时以单匝元件来画绕组图。

由于绕组元件（线圈）在铁芯槽中布置位置和端部联接方式的不同，构成各种不同型式的绕组。但任何型式的绕组，都必须符合下列原则：

(1) 绕组中各元件的电流方向，必须符合产生匀称旋转磁场的要求。

(2) 绕组端部应尽可能短一些，以节约导线材料。

(3) 须便于嵌线和接线。

下面介绍三相交流电机常用的几种绕组型式。

第二节　单层绕组

单层绕组，就是每个槽中只放一个元件边（线圈边）的绕组。这种绕组又可分为同心式、链式与交叉链式。

一、单层同心式绕组

我们分析单层同心式绕组时，首先分析一相绕组的联接方法，再进而讨论三相绕组的联接方法。现以一定子槽数为24的四极电动机为例来说明。

图2—2为一个三相四极电机定子的示意图。由于是四极电机，先将定子分为四等分，如图中实线所画分的，每一等分表

示一个磁极。在上章中我们谈过，每一极下要有三个相的绕组(照一般习惯用 A、B、C 表示不同的相号)，因此，再将每一极面三等分，如图中虚线所画分，每一等分表示一相导体所占有的位置，称为相带。由于一般铁芯上的槽是均匀地分布的，通常用槽数（槽距数）来表示磁极跨距τ和相带宽度q，它们的计算公式如下：

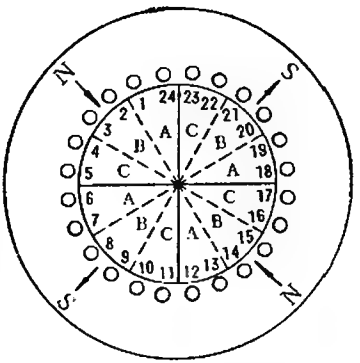


图2—2　磁极及相带布置图
（三相四极电机定子）

$$\tau = \frac{Q}{2p} \qquad (2—1)$$

$$q = \frac{Q}{2pm} \qquad (2—2)$$

式中：τ——极距（以槽数表示）

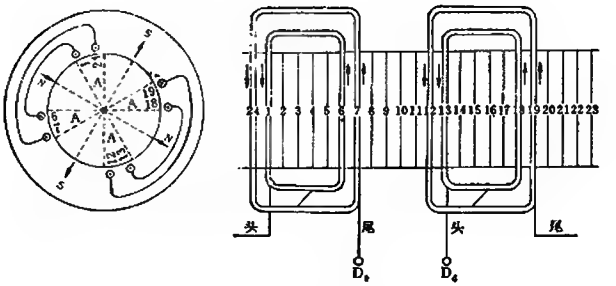
q——每极每相槽数（相带宽度）

Q——总槽数

p——极对数

m——相数

假定每槽中只放一根导体(即单匝元件边)，在图2—2中定子圆周上设有24根导体，每极每相二根导体，每相共有 8 根导体。例如属于第一相（A相）的导体为24、1、6、7、12、13、



(a)端视图　　(b)展开图

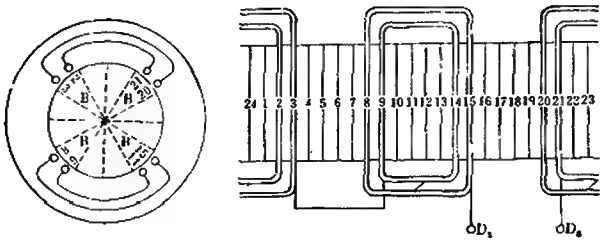
图2—3　同心式绕组（第一相）

18、19。如果这8根导体内通过电流，其方向如图2—3(a)所示，即导体24、1、12、13的电流方向为流出纸面(⊙)，导体6、7、18、19的电流方向为流入纸面(⊕)，如按图2—3（a）所示的联接方法，就能产生四极磁场。图2—3（a）为电机绕组的端视图，便于看清磁场的极性分布情况。但要说明导体的具体联接方法，必须看它的展开图。图2—3（b）为（a）的展开图，(假想在定子槽*23、*24之间把铁芯切后展开)，其中导体24、1、12、13的电流方向用向下的箭头表示，导体6、7、18、19的电流方向用向上的箭头表示。这8根导体按照电流方向全部串联起来，就构成第一相（A相）绕组。

图2—3清楚地说明：这种绕组是一个线圈套住另一个线圈的单层绕组，两个线圈是“同心”的，故称为单层同心式绕组。在这里，同心的两个线圈形成一组，一般称为极相组。在单层同心式绕组中，每相的极相组数，只有磁极数的一半（即等于

极对数 p）。极相组之间的串联规律，是“头接尾、尾接头”。凡是每相的极相组数等于极对数 p 的绕组，一般都按这种规律串联。

从图2—2我们知道，2、3、8、9、14、15、20、21这 8 个元件边是属于第二相（B相），4、5、10、11、16、17、22、23这 8 个元件边属于第三相（C相），按照2—3（a）的方法，可以画出第二相和第三相绕组的端视图（图2—4（a），图2—5（a））。按照图2—3（b）的方法，可以画出它们的展开图（图2—4（b），图2—5（b））。将三相单独的绕组展开图合并在一个图上，就得出图2—6所示的单层同心式绕组展开图。



(a)端视图　　(b)展开图

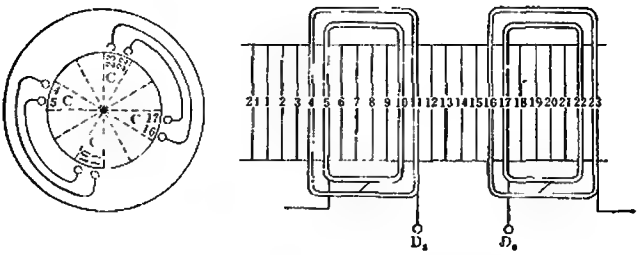
图2—4　同心式绕组（第二相）

在第一章第三节中曾经谈过，为了得到匀称的圆形旋转磁场，以保证电机的正常运行性能，三相的引出线必须相差120°电角度。我们也曾经分析过，在多极电机中，电角度＝极对数×机械角度。以图2—6为例，由于是 4 极24槽的电机，相邻二槽之间的角度$\alpha=\frac{2\times360^\circ}{24}=30^\circ$电角度。引出线之间相差120°

电角度，就是须相隔 4 个槽距。如果第一相引出线 D_1 在第 7 槽，第三相的引出线便在第11槽，第二相的引出线 D_2 便在第15槽，它们之间都是相距 4 个槽。

同心式绕组嵌线工艺的简单说明：

由图2—6中，可以看出同心式绕组中，一半极相组的端部



(a)端视图　　(b)展开图

图2—5　同心式绕组（第三相）

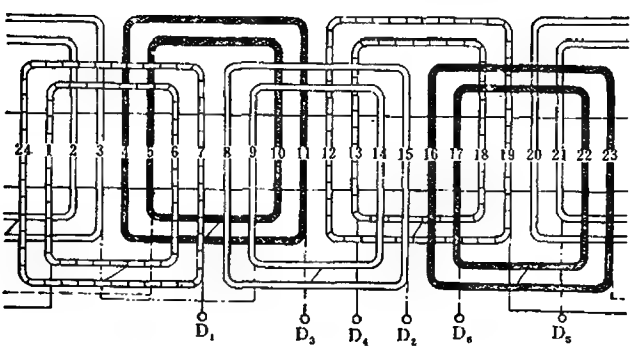


图2—6　三相同心式绕组展开图（4极24槽）

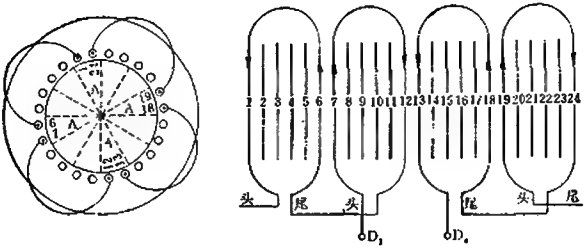
压住另一半极相组的端部，嵌线开始时，将槽绝缘按规格放好，先将第二个极相组嵌入槽4、5、10、11中，将第四个极相组嵌入槽12、13、18、19中，将第六个极相组嵌入槽20、21、2、3中。这三个极相组的端部应对齐（一端伸出的长度应较另一端大），打好槽楔并将线圈端部向铁芯轭部压弯，使端部低于空槽（如槽6、7、8、9等）的槽底。然后将第一个极相组嵌入槽24、1、6、7中，将第三个极相组嵌入槽8、9、14、15中，将第五个极相组嵌入槽16、17、22、23中。在端部极相组间相接触的部位，垫好绝缘，对齐端部，打好槽楔，再将端部敲成弧形，使端部比铁芯内圆低3—5毫米。

二、单层链式绕组

上面我们所讨论的单层同心式绕组，从图2—3可以看出，同极相组的两个绕组元件（线圈）是不等距元件，在绕制线圈时要做成大小不同的绕线模，绕制工艺较复杂。同时可以看出，大线圈的端部较长，用导线较多。如果我们把图2—3（a）的联接方式改成如图2—7（a）的联接方式，不仅元件大小一样，简化了绕线工作，而且还可缩短端部长度，节约导线。

我们知道，绕组的直线部分是产生电磁作用的主要部分，只要保持直线部分电流的分布情况不变，端部联接方式的改变并不会改变磁场性质。从外部形状来看，图2—3（a）和图2—7（a）的端部联接情况是不同的，但从电磁作用来看，两者在气隙中所产生的磁场是相同的。

图2—7（b）是（a）的展开图，从图2—3（b）与图2—7

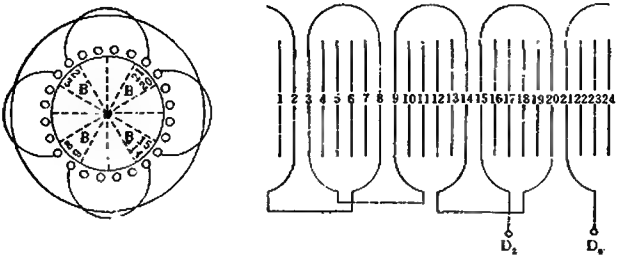


(a)端视图　　(b)展开图

图2—7　链式绕组（第一相）

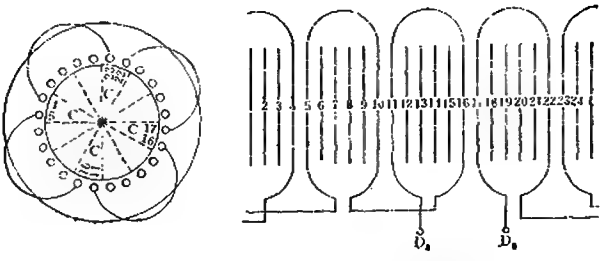
（b）比较来看，导体电流分布情况相同，都是把第一相（A相）的8根导体全部顺着电流方向串联起来。图2—7的唯一不同点是端部联接顺序发生了变化。由图可知，这种绕组的极相组数等于磁极数(2p)，极相组之间的联接是“头接头、尾接尾”。凡是每相的极相组数等于极数（2p）的绕组，一般都按照这种规律串联。

图2—8及图2—9是第二相（B相）绕组和第三相(C相)绕



(a)端视图　　(b)展开图

图2—8　链式绕组（第二相）



(a)端视图　　(b)展开图

图2—9　链式绕组（第三相）

组的端视图与展开图。图2—10是三相绕组合并在一起的展开图。这种绕组展开图形好象套联起来的链环一样，因此称为链式绕组。

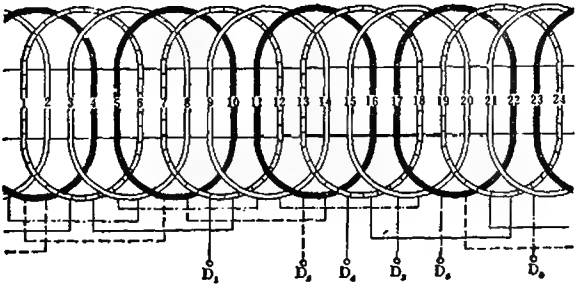


图2—10　三相链式绕组展开图（4极24槽）

单层链式绕组嵌线工艺的简单介绍：

图2—11为图2—10绕组的一个端部的展开图，横线下面的数字是槽号(由第1槽至第24槽)，圆形上面的数字是线圈（绕组元件）编号(由*1至*12)。从第1个元件开始嵌线。首先将

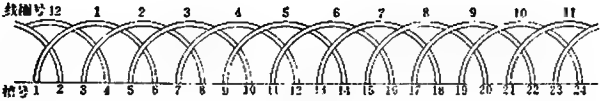


图2—11 链式绕组端部展开图（3相4极24槽）

元件1的一边（下边）嵌入槽6中，因元件1的另一边（上边）要压着元件11和元件12，所以要等待元件11，12嵌入槽2、4中之后，元件1的上边才能嵌入槽1中去，因此只好让元件1的上边搁在定子内（注意用绝缘纸垫好，以免损坏导线绝缘）。然后空一槽（槽*7），将元件2的一边嵌到槽8中，同样，元件2的上边也要等待元件12嵌好后才能嵌入槽3中去，此时也只好搁在定子内，然后再空一槽（槽*9），将元件3的一边嵌到槽10中去。因槽6、8中已嵌入元件1、2，因此就可以把元件3的上边嵌入槽5中去。以后各元件的嵌线方法都和元件3一样，即空一个槽嵌一个元件。

在嵌元件11、12时，必须把元件1、2搁在定子内的元件边吊起来，因此称元件1、2为吊把元件（吊把线圈）。在单层链式绕组中，吊把元件的数量等于每极每相槽数q。吊把线圈在操作时容易受损，影响质量，这是嵌线时应特别注意的。

我们遵照伟大领袖毛主席的教导："**有比较才能鉴别。有鉴别，有斗争，才能发展。**"现将同心式绕组和链式绕组简单分析比较如下。

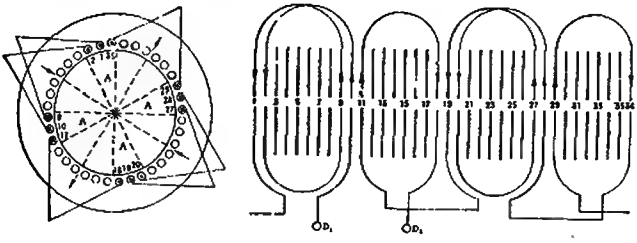
同心式绕组的优点是：没有吊把线圈，下线方便；其绕组端部可朝向铁芯轭部弯曲，端部轴向长度可缩短。因此，小型二极电机多采用同心式绕组。它的缺点是：线模尺寸不等，一

部分线圈的跨距大，比较费导线。链式绕组的情况则相反。当线圈匝数，铁芯长度与导线大小不变时，将同心式绕组改为链式绕组，每台可节约导线10%左右。

三、单层交叉链式绕组

上面我们已经介绍了24槽4极电机单层同心式和单层链式绕组的联接方法，即当每极每相槽数 $q = 2$ 时的联接方法。如果q大于2时，怎样来进行联接呢？现在我们简单地介绍一下36槽4极电机单层绕组的特点。我们在仔细了解24槽和36槽4极单层链式绕组的基础上，就可以举一反三地独立进行分析，处理其他不同槽数和不同极数的电机。

图2—12(a)表示定子为36槽的四极电机。每极每相槽数



(a)端视图　　(b)展开图

图2—12　交叉链式绕组（第一相）

$q = \frac{36}{4\times 3} = 3$，我们把36个元件边分成12等分，其中36、1、2；9、10、11；18、19、20；27、28、29属于第一相(A相)。这12个元件边的端部也有各种各样的联接方法，但采用图2—12

（a）的联接方法，端部较短，能节省导线。这种绕组称为单层交叉链式绕组，简称为交叉式绕组。图 2—12（b）是图 2—12（a）的展开图，由图可以看出，每个极相组的线圈数目不一样，但每相的极相组数仍等于极数(2p)，极相组间也仍遵照“头接头、尾接尾”的规则串联。

按图2—12（a）（b）的方法，同样可以画出第二相绕组与第三相绕组的端视图与展开图。三相绕组的合成展开图如图 2—13 所示。

一般单层交叉链式绕组嵌线工艺的简单介绍：

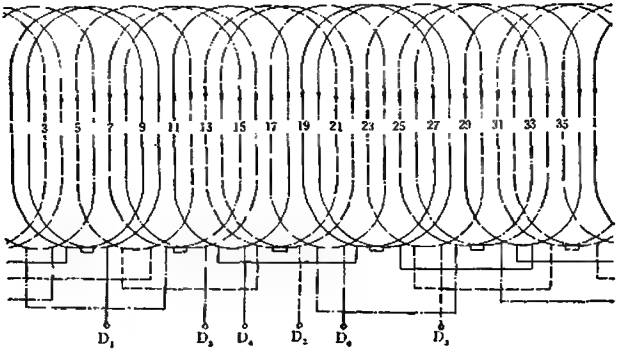


图2—13　三相交叉链式绕组（4极36槽）

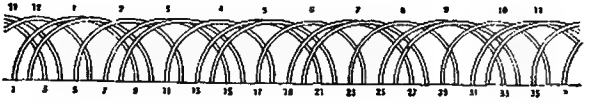


图2—14　交叉链式端部展开图（3相4极36槽）

图2—14为一般单层交叉链式绕组的一个端部的展开图，横线下面的数字代表槽号，图形上面的数字是极相组编号（*1～*12）。从第一极相组开始嵌线。首先将第1组两个大元件的下边嵌入槽9和槽10中，由于第1组元件的上边要压着第11组及第12组元件，所以暂时还不能嵌入到槽1及槽2中去，只能搁在定子内。然后空一槽将第2组的小元件的下边嵌入12中，其上边也暂时还不能嵌入槽5中，也只能搁在定子内。然后空二槽将第3组的两个大元件的下边嵌入槽15及槽16中，而其上边即可以嵌入槽7和槽8中去。以后按照“嵌2个元件空一槽，嵌1个元件空二槽”的规则嵌下去。

在嵌第11组第12组元件时，须将第1组第2组上元件边吊起来，待第11组第12组元件嵌好后，再嵌第1组第2组的吊把元件。在单层交叉链式绕组中，吊把元件的数量也等于每极每相槽数q。

四、单层短距绕组

在电机中，绕组元件（线圈）的两个元件边a与b_1的距离（节距y）刚好相差一极距τ时，称为全距元件，如图2—15所示。若元件跨距小于极距，如图中a—b_2跨距短于τ，称为短距元件。

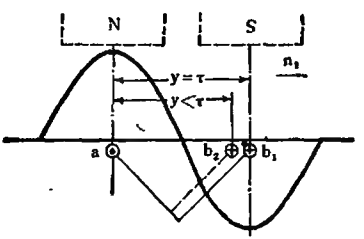


图2—15 绕组元件节距

由图2—15中可见，当a的电势达最大正值e_a时，

b_1同时达最大负值e_{b1}。ea与e_{b1}大小相等，方向相反，即$e_{b1} = -e_a$。全距元件a_{b1}的电势为：

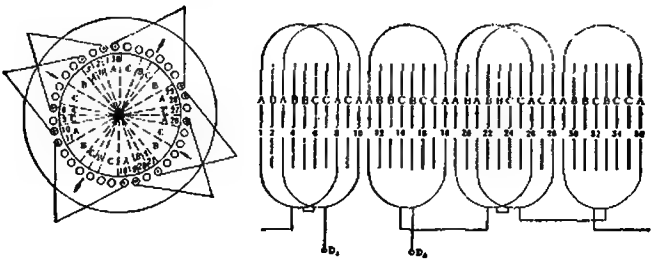
$$e_{ab1} = c_a - e_{b1} = e_a - (-e_a) = 2e_a$$

由图中也可以看出，b_2的电势比b_1小。因此，短距元件$e_{ab2} < 2e_a$，这是区分全距和短距元件的主要特征。

单层绕组中，假若每极每相槽数q = 1，即每个极相组只有一个线圈时，则全距元件构成全距绕组，短距元件构成短距绕组。但是，当每极每相槽数q大于1时，则不能单从绕组元件(线圈)跨距来看，还应同时参照相带中心的距离来判断是否全距绕组，否则容易引起错觉。例如图2—12的交叉链式绕组中，极距τ = 9，绕组元件(如1—9，2—10)的跨距为8，表面看来似乎是短距绕组，但深入一步分析，就可以看出相带A_1(槽号36，1，2)的中心在第1槽，相带A_2(槽号9，10，11)的中心在第10槽，相带之间的中心距(1—10)与极距τ刚好相等，两个相带的电势，大小相等而方向相反，与图2—15中元件ab_1相似。因此，这种绕组仍为全距绕组。同理，图2—10的链式绕组和图2—6的同心式绕组，也都是全距绕组。

单层绕组一般都是全距绕组，但在一定条件下，也可以布置成短距绕组。在JO系列36槽4极的电机中，曾采用过单层短距绕组，如图2—16(a)(b)所示。单层短距绕组是一种特殊的链式绕组。

将图2—16(a)与图2—12(a)比较来看，单层短距绕组的端线跨度缩短了，可以节省导线，但这种绕组的相带打乱了，并头接线工艺较复杂，而且磁势分布不很匀称，影响铁耗增大和



(a)端视图　　(b)展开图

图2—16　三相单层短距绕组(4极36槽)

起动性能变坏。因此现在已很少采用。在全部拆修中碰到这种绕组时，最好改为交叉链式绕组。

单层绕组小结：

以上我们以2p = 4，Q = 24槽及Q = 36槽的电机为例，说明了三相单层绕组构成的最基本问题，就是要确定组成三相绕组各导体在电机槽中应该如何分布的规则。在这种分布规则下，导体中通过一定方向的三相电流，就能产生一定极数的磁场。由于绕组端部联接方式的不同，就产生不同的绕组型式，各种绕组型式虽然外观不一样，但从电磁作用来说，基本是一样的。至于应采用那一种绕组型式，可按照实际情况来决定。一般小容量二极电机多采用同心式；四极以上电机，多采用链式或交叉链式。

单层绕组，在7.5瓩以下的小型电机中广泛应用，这是由于它具有下述优点：

（1）槽内无层间绝缘，下线方便，可提高槽满率。

（2）单层绕组的元件数较少(Q/2)，绕线嵌线的工时都较省。

（3）避免了在槽内发生相间绝缘击穿的可能性。

单层绕组的缺点是：

（1）单层绕组一般都是全距绕组，电机的电磁噪音和铁耗较大，有时甚至影响电动机不能平稳地起动。

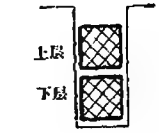
（2）单层绕组下边元件的端部弯曲变形较大，端部厚度较大或导线较粗时不易整形。

第三节　双层叠绕组

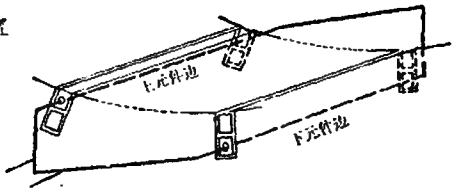
单层绕组在小型电机中（7.5瓩以下）得到广泛的应用，但从制造工艺上来看，端部排列比较困难。对于小电机而言，由于导线比较细软，这种困难还不突出。但在7.5瓩以上的电机中，导线比较粗硬，端部排列困难就成为工艺上的主要矛盾；而且单层绕组难于满足电机的性能要求。因此，随着电机发展的需要，劳动人民创造了双层绕组。

双层绕组的每个槽中，放着上下两层元件边，如图2—17(a)所示。为了嵌线方便及端部排列齐整，元件的一个有效边占槽中的上层位置，而另一个有效边占槽中的下层位置，如图2—17(b)所示。

双层绕组又可根据端部联接方式的不同而分为叠绕组和波绕组。在中小型电机中，绝大部分定子都采用双层叠绕组，中型绕线转子则采用双层波绕组。



(a)槽内元件边位置



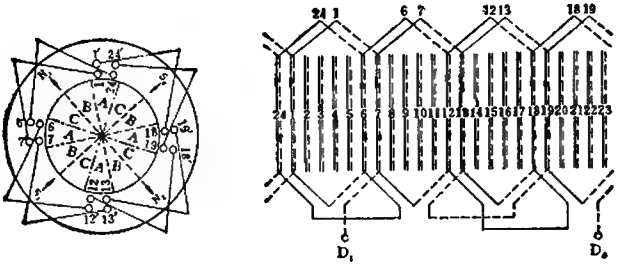
(b)元件位置

图 2—17　双层绕组元件

一、双层全距叠绕组

我们仍以前面单层绕组的实例，即磁极数2p = 4，定子槽数Q = 24的电机来介绍双层绕组的布置方法。

图 2—18(a)表示 4 极24槽电机相带的分布情况，三相4极A，B，C的分布规律同图 2 — 2 是一样的。所不同的是图2—2为单层绕组，每槽中只有一个导体（元件边），而图 2—18(a)布置成双层绕组，每槽中有上、下两层导体(两个元件边)。为了使图形清晰一些，图 2—18(a)中只画出第一相(A相)上下层导体。其中不带“'”是上层导体，带“'”是下层导体。在双层绕组中，上层导体与下层导体相联成元件(线圈)。因此，在图2—18中，24—6'，1—7'，6—12'，7—13'，12—18'，13—19'，18—24'，19—1'共绕成 8 个元件。



(a)端视图　　(b)展开图

图 2—18　双层全距叠绕组

图 2—18(b)是图 2—18(a)的展开图。在画展开图时，每槽的位置画着一根实线和一根虚线。实线表示上层导体，虚线表示下层导体。元件的两个有效边，一边位于上层，一边位于下层。因此在图(b)中，每一元件都是由一根实线和一根虚线所组成。同时可以清楚地看出，相邻的元件是互相重叠的，因此称为叠绕组，又从图 2—18(a)(b)中可以看出，每个元件的形状和跨距是相同的，都等于 6 个槽距(如 1—7')，与极距 τ 相等，这种绕组称为双层全距叠绕组。

二、双层短距叠绕组

如果将图 2—18的上层导体不动，而将下层导体顺时针方向转移一个槽距，如图 2—19(a)所示，每个元件所跨的槽距为 5，比极距τ（6 槽距）缩短了一个槽，成为短距绕组。

双层绕组便于布置成各种不同跨距的短距绕组。短距绕组

和全距绕组相比较，虽然它们的下层导体位置不同，但总的电流分布情况，仍然可以产生极数相同的磁场，不改变磁极的极性。短距绕组的端部联接线较短，节约了导线，还可以减小电磁噪音和改善启动性能。从理论上分析和实践经验中证明：当元件节距等于(5/6)极距时，对改善电机启动性能最为有利。

由于短距绕组有这些优点，因此，现今生产的7.5瓩以上的电动机，几乎普遍采用双层短距绕组，下面我们对这种绕组进行比较详细的分析讨论。

按图 2—19(a)的端视图，我们可以画出它的展开图，如图 2—19(b)所示。在端视图中流出纸面的电流(⊙)，在展开图中用向下的箭头表示，在端视图中流入纸面的电流(⊕)，在展开图中用向上的箭头表示，把属于第一相(A相)的导体顺着电流方向串联起来，便构成第一相绕组的展开图。

从图 2—19(a)(b)中清楚地看出，在 4 极电机中，每相有 4 个极相组，也就是说，在双层叠绕组中，每相的极相组与磁极相数(2p)相等。极相组之间的串联，也是依照“头接头，尾接尾”的规律。

在图 2—19(b)的展开图上，可以看出每个导体的联接顺序。这种图画起来比较费时间，而在实际生产的小型电机中，每个极相组中的线圈(元件)是一次绕成的，即每一极相组内的导体已接好，我们只要知道极相组之间联接方式，就可以联接成相绕组。因此为了简便起见，通常简化成图 2—19 (c) 所示的联接图。图中每个符号 ▭ 代表一个极相组，其中的箭头“⟶”表示假定的电流方向（三相交流电动机假定电流从 D_1，

D_2，D_3流入），各极相组的箭头方向是“头对头，尾对尾”。按照箭头的方向串联起来，便成为第一相绕组（A相）。

仿照图 2—19的方法，可以画出第二相绕组（B相）及第三相绕组（C相）的端视图、展开图和极相组联接图，如图 2—20（a）、（b）、（c）及图 2—21（a）、（b）、（c）。

将图 2—19（b），图 2—20（b）及图 2—21（b）合并到一起，就是图 2—22所示的三相绕组展开图。将图 2—19（c）、图2—20（c）及图 2—21（c）合并到一起，就是图 2—23（a）所示的三相绕组的接线图。

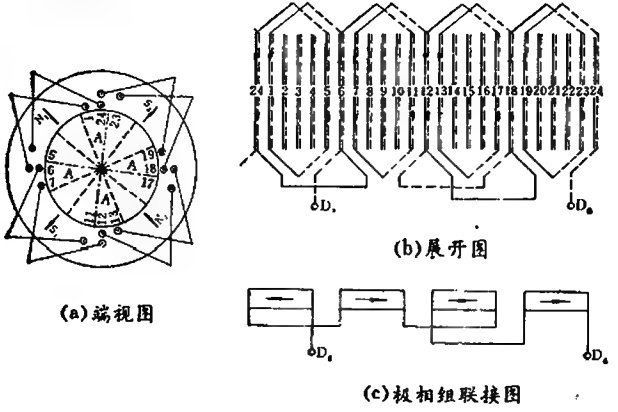
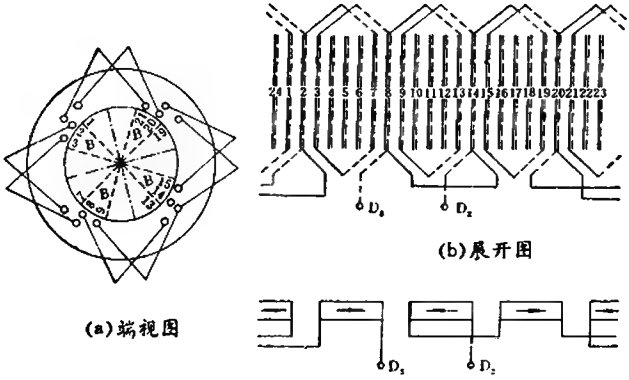


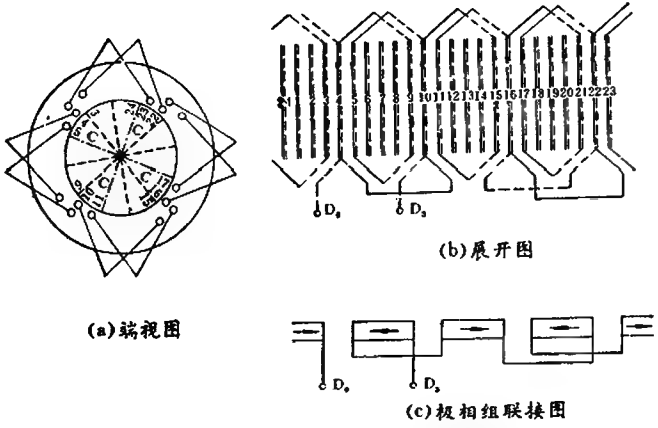
图 2—19　双层短距迭绕组（第一相）

同单层绕组一样，为了得到对称均匀的旋转磁场，保证电机的正常运行性能，三相绕组引出线之间必须相差120°电角度。就我们所讨论的这台电机来说，由于是 4 极24槽，每个槽距的夹角为30°电角度。三相引出线之间相隔120°，就是相隔 4 个



(a)端视图　(b)展开图　(c)极相组联接图

图 2—20　双层短距迭绕组(第二相)



(a)端视图　(b)展开图　(c)极相组联接图

图 2—21　双层短距迭绕组(第三相)

槽。因此，如第一相引出线D_1是第 6 槽的下层，第三相引出线D_3就是第10槽的下层，第二相引出线D_2就是第14槽的下层。从

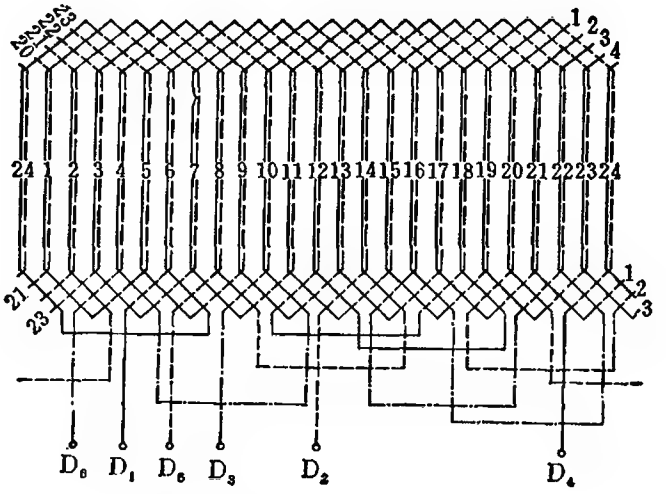
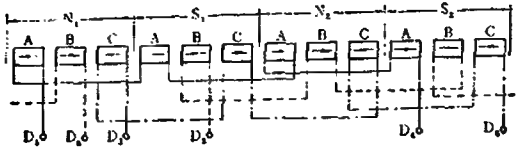


图 2—22　三相双层短距叠绕组（4 极24槽）

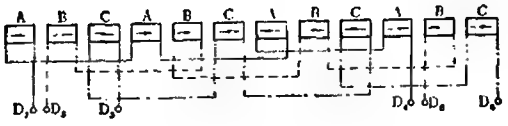
图 2—23(a)来看，就是相隔一极相组取出引出线，从图中我们也可以看出，箭头所指示的三相电流的方向，都是由D_1、D_2、D_3引到D_4、D_5、D_6；而相邻的极相组的箭头方向都是“头对头、尾对尾”。这是三相电机布置极相组的重要规律。

前面我们曾经反复谈论过：只要绕组元件的电流方向不变，磁场的极性就不会变。因此，在极相组联接图中，我们也可以把箭头进去的地方，作为绕组的首端D_1，D_2，D_3；而把箭头出来的地方，作为绕组的末端D_4，D_5，D_6。为便于首末引线联到接线板上，通常从第 2 槽上层引出D_2，从第20槽下层引出D_5，如图 2—23(b)所示。俗称这种接法为“D_2、D_5反向接

法"。实际上D_2、D_5之间的电流方向仍和图 2 —22中一样，并未反向，因此其电磁作用是相同的。



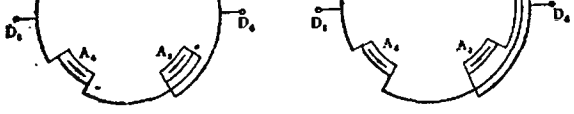
(a)一般接法



(b)D_2D_5反向接法

图 2 —23　极相组联接图(3 相 4 极)

在图 2 —23中，每相的几个极相组都是全部串联起来的。极相组之间也可以并联。并联的原则，也是将同一相的极相组顺着箭头的方向接起来。图 2 —24(a)，(b)是 4 极电机(只画出一相绕组)两路并联的两种联接方法。图(a)的联接方式是相邻的极相组串在一起，联接线较短，排列方便；但如果电机转子偏



(a)邻极联接　　(b)隔极联接

图 2 —24　两路并联法(4 极)

心，譬如说，A_3，A_4部分的空隙较小，就会使这部分的磁通较强，A_3，A_4绕组的电流就会比A_1，A_2大，这是这种接法的重大缺点。图(b)的联接方式，是相隔的极相组串在一起，联接线较长，联接线重叠的部分较多，这是它的主要缺点；但如果转子偏心，某一部分的磁通较强时，两个并联电路的电流基本上还是相等的，这是它的显著优点。我们可以根据具体情况，选用其中的一种联接方式。

双层迭绕组简单嵌线工艺：

图2—25为图2—22的端部图。在图中横线下边的数字表示槽号，图形上边的数字是元件编号。从第1个元件开始下线，首先将元件1的下层边嵌入槽6中，而元件1的上层边将压着元件20到元件24的下层边，所以暂时不能放到槽1中去，而只能搁在定子内(注意用纸垫好以免损伤导线绝缘)。元件2、3、4、5、的嵌线方法，与元件1相同，即只能嵌下层边，其上层边都搁在定子内。从元件6开始，嵌好下层边后，即可嵌上层边，这样一个一个顺序嵌下去。当准备嵌元件20时，就须将元件1—5的上层边吊起，嵌好元件20—24后，再将元件1—5的上层边放下，嵌入槽内。

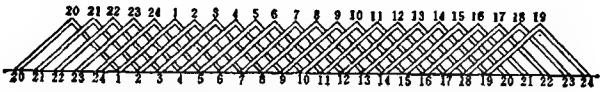


图2—25　双层短距绕组端部展开图(3相4极24槽)

在双迭绕组中，须要吊起的吊把线圈数，等于线圈节距数，如所举例子中，线圈节距为5(1—6)，因此有5个吊把线圈。

伟大领袖毛主席教导我们："**这是两个认识的过程：一个是由特殊到一般，一个是由一般到特殊。**"我们研究电机绕组也应该这样。上面我们分析讨论了4极电机双层短距迭绕组的布置方法，现在从4极电机这样一个具体的实例中，总结出绘制电机绕组图的一般方法，然后再以这个方法为指导去绘制其他电机绕组图。

在电机生产中，极相组联接图是一种比较简便实用的图形。图2—23是3相4极电机的极相组联接图。因为是4极电机，所以在图中先画出4个磁极N_1、S_1、N_2、S_2。三相电机的每个极下都布置A、B、C三相的极相组。以N_1极下第一个A相的极相组为基准，标出箭头方向，根据"头对头、尾对尾"的规律，可以画出其他极相组的箭头方向。然后顺着箭头方向将所有A相的极相组联接起来，就构成第一相绕组（A相绕组）。同样，顺着箭头方向，分别将所有B相或C相的极相组联接起来，就构成第二相绕组（B相绕组）与第三相绕组（C相绕组）。箭头进去的三个引线是三相绕组的首端D_1、D_2、D_3，箭头出来的三个引线是三相绕组的末端D_4、D_5、D_6。

根据上面所介绍的规律，我们可以画出6极电机的极相组联接图如图2—26，和8极电机的极相组联接图如图2—27。

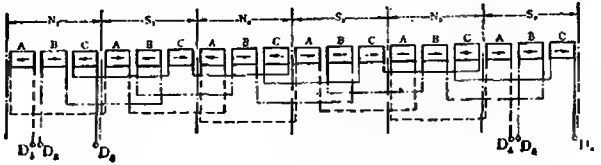


图2—26　3相6极极相组联接图

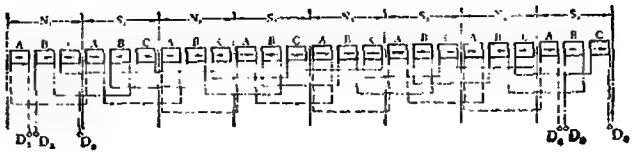


图 2—27　3 相 8 极极相组联接图

由极相组联接图中，也可以清楚地看出：对双层迭绕组而言，每相的极相组数等于磁极数(2p)。只要按照箭头的方向联接，这些极相组可以串联，也可以并联。如果全部并联的话，每相最大可能的并联支路数 a 等于极相组数，或者说等于磁极数2p。

第四节　单双层混合绕组

伟大领袖毛主席教导我们："**在生产斗争和科学实验范围内，人类总是不断发展的，自然界也总是不断发展的，永远不会停止在一个水平上。**"电机绕组也是在生产斗争过程中不断向前发展的。无产阶级文化大革命中，我国工人阶级在毛主席革命路线指引下，又采用了一种新的绕组型式，即单双层混合绕组。

单双层混合绕组，是在双层短距绕组的基础上演变过来的，现以36槽 4 极电机为例：图 2—28为双层短距绕组，从图中可见，对于下面这 8 个槽，即槽 36、1、9、10、18、19、27、28，上下两层导体都属于第一相 (A相)，因此，可以把它们合并一起，同时再把端部联接方式改变一下，就可以由图 2—28演变为图 2—29。

在图2—29第一相绕组（A相）中，4个大元件占满整个槽，是单层绕组的形式；4个小元件一边位于槽的下层，一边位于槽的上层，是双层绕组的形式。因此，这是一种单双层混合绕组，图2—30是这种绕组三相合并在一起的端视图。由图中可以看出，全部小元件的槽中，上下层都分别属于不同的相。

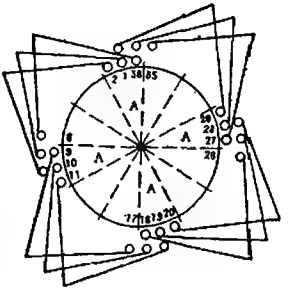


图2—28 双层短距绕组

由于单双层混合绕组，是从双层短距绕组演变过来的，它仍具有短距绕组的电磁特性，即具有减小电磁噪音和改善起动性能的优点。同时，它又有一部分是单层元件，这一部分不用层间绝缘，嵌线较方便，具有单层绕组的优点。在单双层混合绕组中，相邻的大元件在端部不互相交叉，端部弯曲变形比单层绕组小得多，端线的排列也比单层绕组方便得多。

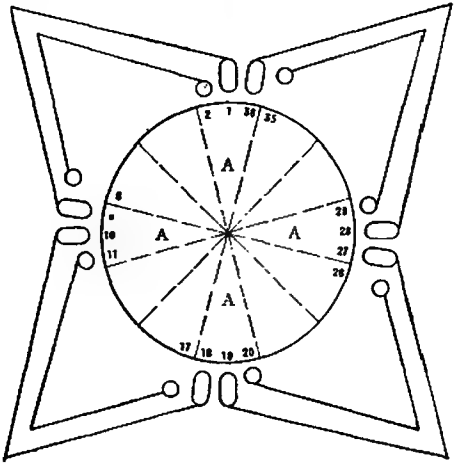


图2—29 单双层混合绕组（第一相）

我们在第二节中

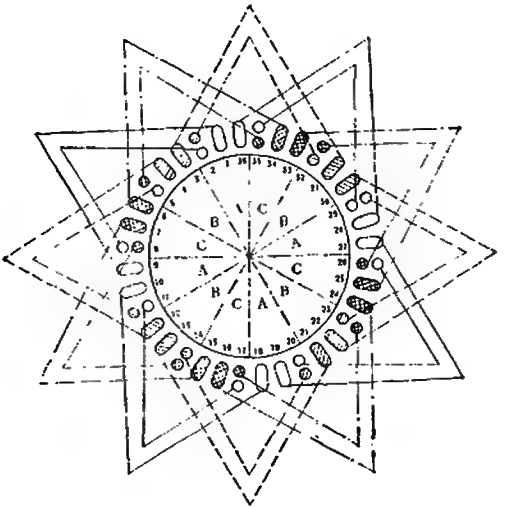


图 2—30　单双层混合绕组(3 相 4 极36槽)

曾经分析过，交叉链式绕组比同心式绕组节省导线。现在我们将图 2—29和图 2—12比较一下：对单层交叉链式绕组来讲，每相绕组，是 4 个元件跨距为 8 (1—9)，2 个元件跨距为 7 (1—8)，元件的平均跨距为$\frac{(4\times 8)+(2\times 7)}{4+2}=7.66$（单位为槽距)；对单双层混合绕组来讲，4 个大元件(相当于 8 个小元件）的跨距为 8，4 个小元件的跨距为 6，元件平均跨距为$\frac{8\times 8+4\times 6}{8+4}=7.33$。由此可见，混合绕组比单层交叉链式绕组的跨距更短，更可节省导线，与双层绕组比较，如元件节距一样，那么节省量更多一些。这是它的另一个显著优点。

但从图 2 —28和图 2 —29中可以看出，混合绕组所采用的短距槽数，受绕组型式的限制，不能象双层绕组那样可以自由选择线圈节距。混合绕组中大小元件的跨距不等，匝数不同，对绕线工作带来一定的困难。这些缺点，使它的推广应用受到一定的限制。

在混合绕组中，每相的极相组数等于极数(2p)，极相组之间的串联，也是按照“头接头、尾接尾”的规律。

单双层混合绕组简单嵌线工艺：

图 2 —31为混合绕组端部展开图。横线下面数字代表槽号，图形上面数字代表元件组号。嵌线时，首先将第一组（一大一小）元件的下边嵌到槽 8 及槽 9 中去；由于它们的两个上元件边将压着第11组及第12组元件，所以暂时还不能嵌到槽 1 和槽 2 中；只能搁在定子铁芯内。然后隔一槽将第二组(一大一小)元件的下边嵌到槽11及槽12中去，由于它们的两个上元件边将压着第12组元件，所以也只能暂时搁在铁芯内，然后再隔一个槽将第 3 组元件的下边嵌到槽14和槽15中去，而将其上元件边嵌到槽 8 和槽 7 中去。以后每空一槽下一组元件（一大一小），同第 3 组一样。当准备嵌第11组元件时，必须先将第 1 组和第

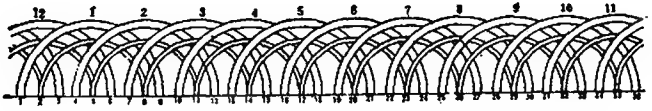


图 2 —31　单双层混合绕组端部展开图(3 相 4 极36槽)

2组的上元件边吊起，待嵌好第11组和第12组元件后，再将吊起的元件边放下嵌入槽内。

在单双层混合绕组中，吊把线圈的数量，等于大线圈节距（槽数）的$\frac{1}{2}$。如所举例子中，线圈节距为8（1—9），吊把线圈数为4个，即第1组和第2组各2个线圈。

第五节　双层波绕组

我们仍以$2P=4$、$Q=24$的电机为例，简要地说明双层波绕组的联接规律。

图2—18所示的叠绕组中，若以上层元件边所在的槽号代表元件号，第一相（A相）8个元件串联的次序是：1—24—6—7—13—12—18—19，也就是说，先将同一极相组的所有元件全部串联起来以后，再去串联相邻极相组的所有元件。我们知道，如果保持元件中电流分布情况不变，而只是将元件串联的次序改变，并不改变电机内部的磁场性质。因此，我们如果先将同一极性N_1、N_2极面下的所有元件相间地串联，即元件1—13—24—12串联起来组成为一组，再将另一极性S_1、S_2极面下的所有元件相间地串联，即元件7—19—6—18串联起来组成为另一组。这样不论极数多少，组间联接线只有一根。极数较多的电机采用这种接线方式是有利的，可以省去许多极相组间联接线。在大型绕线式转子中，联接线过多不仅不便于布置和固定，而且很易造成重量不平衡，为了减少联接线，一般都采用双层波绕组。

图2—32为第一相（A相）波绕组的展开图。如上所述，一

组的串联元件是1—13—24—12，如用导体表示则为1—7'—13—19'—24—6'—12—18'，（其中有"'"者表示该槽的下层元件边）；另一组的串联元件是7—19—6—18，如用导体表示，则为7—13'—19—1'—6—12'—18—24'。根据顺箭头方向联接的

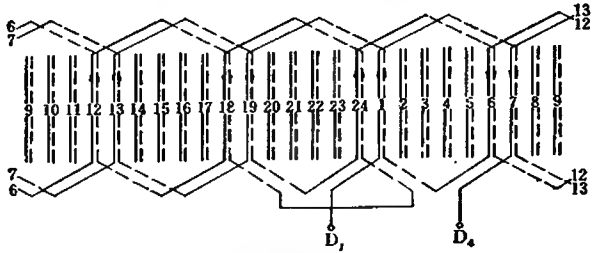


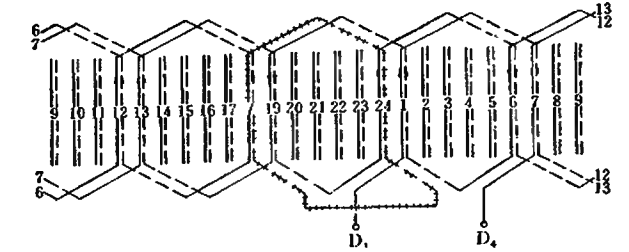
图 2—32　双层波绕组（第一相）

原则，将第一组18'的引出线与第二组24'的引出线联接起来，便组成了第一相（A相）绕组。其中只有18'—24'这一根联接线。

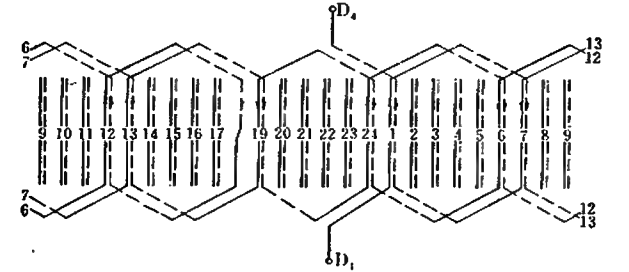
能否将18'—24'这一根联线也省去呢？这种可能性是存在的。我们仔细分析图 2—32，在第18槽中，下层是第一组的末端，而上层接近第二组的首端，如果将第18槽中上下层导体接起来，即第一组和第二组串联起来，原来的联接线18'—24'也可以省去了。图 2—33(a)便是改接后的展开图，其中++++线表示省却的导体和联接线。第18槽的导体则做成"⌐¬"形，即一半在上层，一半在下层，称为上下层导体，或叫过渡导体。

图 2—33(a)虽然省去了联接线，但它仍然有缺点：

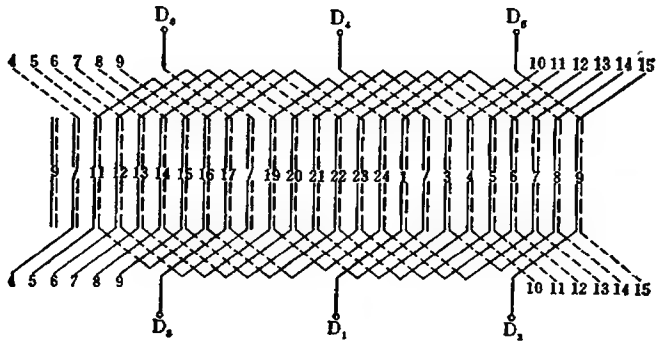
(1) 第24槽下层空着未利用，铁芯的有效利用率降低，并且影响磁场不对称。



(a) 第一相绕组(在槽18内过渡)



(b) 第一相绕组(D_1D_4在槽两端)



(c) 三相波绕组

图2—33 双层波绕组展开图（4极24槽）

(2) 绕组的首引线 D_1 和末引线 D_4 均位于一边，引线布置仍然不很方便。

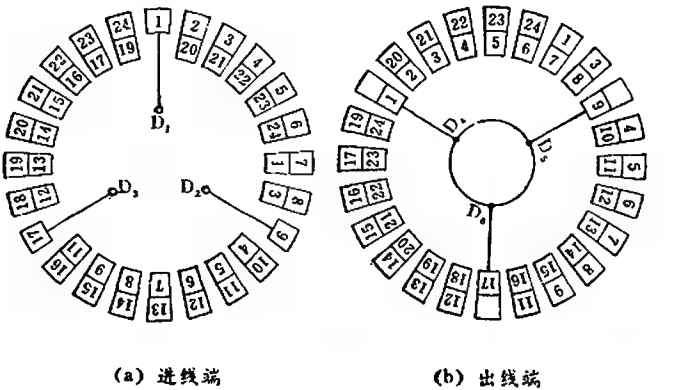
为了克服上述缺点，可以将第一槽下层导体移到24槽下层；而将槽 7 上层引出的末引线 D_4 从第一槽的下层穿过去，如图 2—33 (b) 所示。如果第二相绕组和第三相绕组都照这样联接，即成图 2—33 (c) 所示的三相波绕组展开图。这种波绕组有两个特点：一个是各相内无联接线；另一个是各相首引线 D_1、D_2、D_3 与末引线 D_4、D_5、D_6 分别位于绕组两端，便于布置和固定引出线。但和图 2—32比较，三根过渡导体的槽中，仍有一半位置没有完全利用。

转子绕组需要考虑的另一个问题，是三相引出线的空间位置要尽可能对称，使转子保持平衡。在图 2—23(c)中，因铁芯共24槽，各相引出线之间最好相隔 8 个槽 (即1/3圆周)，第一相 D_1、D_4 由第一槽引出，第二相 D_2、D_5 由第 9 槽引出，第三相 D_3、D_6 由第17槽引出，这样布置的引出线是对称的。

在极对数为 3 或 3 的倍数时，(即电机为 6 极、12极等)，转子波绕组的三相引出线不可能对称安排，因此三根过渡导体的位置也是不对称的。某些工厂的经验，认为这样不对称的转子绕组(特别是 6 极电机)在满负载运行时常常产生较大的噪音和振动，因此在 6 极电机转子上仍采用图 2—32的联接方式。

大型转子波绕组，是用铜皮套住两个导体端部焊接起来的。为了工人同志操作时看图方便起见，最好将转子两端的导体联接情况表示出来，如图 2—34(a)(b)所示。图中外围表示上层导体，内圈表示下层导体，方块中数字表示导体的所在槽号。

图 2—34(a)为进线端，在图 2—33(c)中是从下面看去。图 2—34(b)为出线端，在图 2—33(c)中是从上边看去。如在图 2—33(c)中，第一槽的上层导体与第 7 槽的下层导体相连接，在图 2—34(b)中，表示为$\frac{1}{7}$，余类推。



(a) 进线端　　(b) 出线端

图 2—34　三相波绕组端视图

异步电动机转子绕组的特殊联接法：

在第一章中曾经谈过，绕线式转子的绕组，通过滑环及电刷接到外面的变阻器上去，如图 1—7 (b)所示。调节外加电阻就可以：①改善启动性能，即增大启动力矩，降低启动电流；②调整电动机运行时的转速。根据某些单位进行社会调查的结果，JR型绕线转子式电动机作为调节转速用的，仅占 2%左右，而大部分(98%左右)是为了改善启动性能。因此启动以后，大部分电机的滑环、电刷、变阻器都无作用，而对运行维护却增

加很多麻烦。

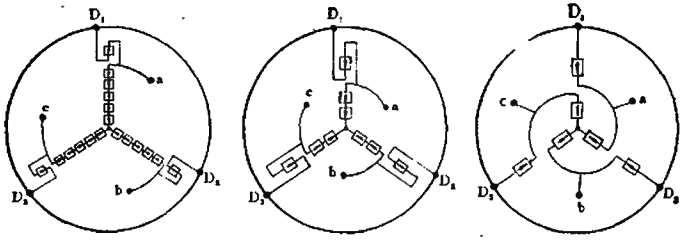
是否可以不用滑环、电刷和变阻器，仍可能解决启动性能问题呢？人们自然会联想到采用高启动转矩的双鼠笼电动机。但双鼠笼电动机的结构特点是：如提高它的启动性能，即启动电流小和启动转矩大，就会降低它的运行性能，即功率因数和效率将降低，最大力矩将减小。

我国工人阶级通过无产阶级文化大革命的战斗洗礼，“破除迷信，解放思想”，采用了几种特殊的波形转子绕组联接方法。取消了滑环、电刷和变阻器等部件，而在电机启动时，使一部分转子线圈电势相抵消，以减少启动电流，同时使转子的有效匝数W_2减少，因此（$\frac{W_1}{W_2}$）的比值增大，也就是使转子的有效电阻 $R_2(\frac{W_1}{W_2})^2$增大，而电抗变化不大，可以提高启动转矩。启动以后，将电势相抵消的线圈短路，进入正常运行状态。转子绕组中感应的电势和电流方向，与一般绕线式转子一样，因此电机的运行性能，如效率、功率因数，最大力矩等，仍和一般绕线转子相同。

现将 JR 型75瓩 6 极电动机转子绕组联接原理图及试验结果介绍如下。图 2 —35是三种特殊联接方式，图中箭头表示正常情况下的电势电流方向，即由 D_1、D_2、D_3指向D_4、D_5、D_6。

（一）$\frac{1}{6}$反向接法

将转子每相绕组的$\frac{1}{6}$的线圈反接，三相的首末端均分别固



(a) $\frac{1}{6}$反向接法　　(b) $\frac{1}{3}$反向接法　　(c)移相接法

图 2—35　异步电机转子绕组的特殊联接方式

定联接，如图 2—35(a)所示。启动后再将a、b、c短路。

试验结果：

$$\frac{\text{启动电流}}{\text{额定电流}} = 3.84\text{倍} \qquad \frac{\text{启动力矩}}{\text{额定力矩}} = 1.75\text{倍}$$

(二)$\frac{1}{3}$反向接法

将转子每相绕组的$\frac{1}{3}$的线圈反接，三相的首端末端均分别固定联接，如图 2—35(b)所示。启动后再将a、b、c短路。

试验结果：

$$\frac{\text{启动电流}}{\text{额定电流}} = 2.0\text{倍} \qquad \frac{\text{启动力矩}}{\text{额定力矩}} = 0.65\text{倍}$$

(三)移相接法

将转子每相绕组$\frac{1}{2}$的线圈移相联接成Z形，三相的首末端

均分别固定联接，如图 2 —35(c)所示，启动后将a、b、c短路。

试验结果：

$$\frac{\text{启动电流}}{\text{额定电流}} = 3.5\text{倍} \qquad \frac{\text{启动力矩}}{\text{额定力矩}} = 1.79\text{倍}$$

这种特殊联接方式的采用，取消了滑环、电刷和变阻器。它的主要优点是：节省材料，降低成本，使维护简便。其启动性能较鼠笼式转子好，但比一般采用变阻器的绕线式转子仍差一些。

第六节　分数槽绕组

电机的每个极下面每相所占有的槽数，即每极每相槽数q，为整数时，称为整数槽绕组，例如前面所举例题中三相 4 极36槽电机，q = 3（整数）。如果每极每相槽数q为分数时，例如 8 极 60 槽电机，$q = \frac{60}{8\times 3} = 2\frac{1}{2}$（分数），所组成的绕组称为分数槽绕组。

中小型电机大多数都采用整数槽绕组，因为整数槽绕组容易得到对称均匀的电磁场和便于生产。但当电机极数较多时（8极以上），如采用整数槽，往往会使总槽数过多或过少，影响铁芯材料的有效利用，因此采用分数槽绕组，以便铁芯能选用适当的槽数。有时为了利用一种极数的冲片来制造另一种极数的电机时，也可能出现分数槽。

分数槽绕组的每极每相槽数 q 为分数，因此在具体布置绕组时，每个极相组所占的槽数不可能相等。如何合理地分配各极

相组的槽数，使之形成一个对称的绕组，这是分数槽绕组的一个特殊问题，也是布置分数槽绕组的关键问题。下面我们介绍一种简单实用的方法。

分数槽绕组的每极每相槽数 q 的表示式为：

$$q = a\frac{b}{d}$$

其中 b 与 d 应无公约数。绕组中的极相组分为大小二种，大的极相组占有(a + 1)个槽，小的极相组占有 a 个槽。每 d 个极相组构成一个单元，每个单元中有 b 个大的极相组和(d − b)个小的极相组。只要确定了一个单元中大小极相组的排列次序（单元序列），即可以迅速地决定各相的槽号和绘制出绕组接线图。因此，合理安排单元序列，便成为布置分数槽绕组时的重要问题。

现在用一个实例来说明具体安排的方法，设一台三相10极电机，定子槽数为99，每极每相槽数 $q = \frac{99}{3\times 10} = 3\frac{3}{10}$，a = 3，b = 3，d = 10；可见每一单元中有10个极相组，其中 3 个(b)大组，大组槽数为 4 (a + 1)，7 个(d − b)小组，小组槽数为3(a)。今将三个“4”均匀地分写在圆形的三点上（见图 2—36），再将七个“3”大致均匀地分布在“4”之间，也就是使大小组比较均匀地隔开，然后从圆周上任

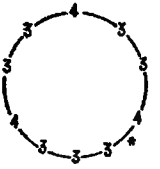


图 2—36　单元序列布置图（$q = 3\frac{3}{10}$）

一数字开始，如图中“＊”处，顺时钟(或反时钟)方向依次写出各数字，即得出单元序列为：3 3 3 4 3 3 4 3 3 4。把几个单元序列接连排列，按照三个极相组构成一极的规律，就可以标出全部相号及磁极号，如表2—1。

再举一实例说明。设三相10极电机定子为48槽，$q=\frac{48}{3\times10}=1\frac{3}{5}$。a=1，b=3，d=5。可知每一单元有5个极相组，其中三个大组，每组2槽，两个小组，每组一槽。将三个“2”均匀地写在圆圈上，再将两个“1”分别安排在“2”之间，如图2—37所示，从＊点开始，顺时钟写出各数字，得出单元序列为1 2 1 2 2。把几个单元序列接连排列，就可以列出各极各相的槽号，如表2—2。

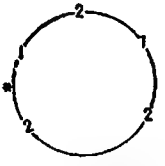


图2—37 单元序列布置图（$q=1\frac{3}{5}$）

表2—2中，磁极号1*—5*与6*—10*的相序及单元序列是完全相同的，我们称磁极1*—5*为一个循环。在每个循环中，每相有b个大极相组，(d－b)个小极相组，每相所占槽数相等而且是对称分布的。在极数为2p的电机中，共有2p/d个循环。因此，如2p/d不为整数时，就不能得到对称的分数槽绕组。

从表2—2的布置中，我们也可体会到，分数槽绕组的分母d如果是3或3的倍数，三相电机也不能布置成对称的分数槽绕组。

根据表2—2绘制双层迭绕组展开图的具体方法：

表2—1　　三相10极99槽绕组布置

磁极号	1			2			3			4			5			6			7			8			9			10		
相号	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
每相槽数（单元序列）	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4	3	3	3	4	3	3	4	3	3	4
	第一单元序列									第二单元序列												第三单元序列								

表2—2　　三相10极48槽电机绕组布置

磁极号	1			2			3			4			5		
相号	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
每相槽数（单元序列）	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2
槽号	1	2 3	4	5 6	7 8	9	10 11	12	13 14	15 16	17	18 19	20	21 22	23 24
磁极号	6			7			8			9			10		
相号	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c	a	b	c
每相槽数（单元序列）	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	1	2	2
槽号	25	26 27	28	29 30	31 32	33	34 35	36	37 38	39 40	41	42 43	44	45 46	47 48

先画出48个槽的位置，以实线表示上层元件边，虚线表示下层元件边。然后按表 2 — 2 每个极相组所占槽数（即单元序列数字），标出各槽号所属相序(a、b、c)，这样，我们就确定了哪些上层元件边属于第一相(A相)，哪些属于第二相(B相)，哪些属于第三相(C相)。至于下层元件边的相号，可根据节距来决定。例题中电机为10极48槽，极距 $\tau=\frac{48}{10}=4.8$，绕组元件节距可取y = 4。因此对第一相而言，第一槽的上层元件边应与第 5 槽的下层元件边联接，第 5 槽的上层元件边应与第 9 槽的下层元件边联接，依此类推，我们便可以画出第一相绕组的10个极相组，然后根据“头接头，尾接尾”的规律，将10个极相联成相绕组。第二相和第三相绕组也可以照样画出来。三相绕组展开图如图 2 —38所示。

根据表 2 — 1，可以知道三相10极99槽电机的每极每相所占槽数(单元序列数字)，这样就可以列出每相所占槽号，即确定了各槽上层元件边的所属相号。电机的极距 $\tau=\frac{99}{10}=9.9$，元件节距可取y = 8即第一槽的上层元件边与第 9 槽的下层元件边联接。先联好每相的10个极相组，再按照“头接头、尾接尾”的规律联成三个相的相绕组(展开图从略)。

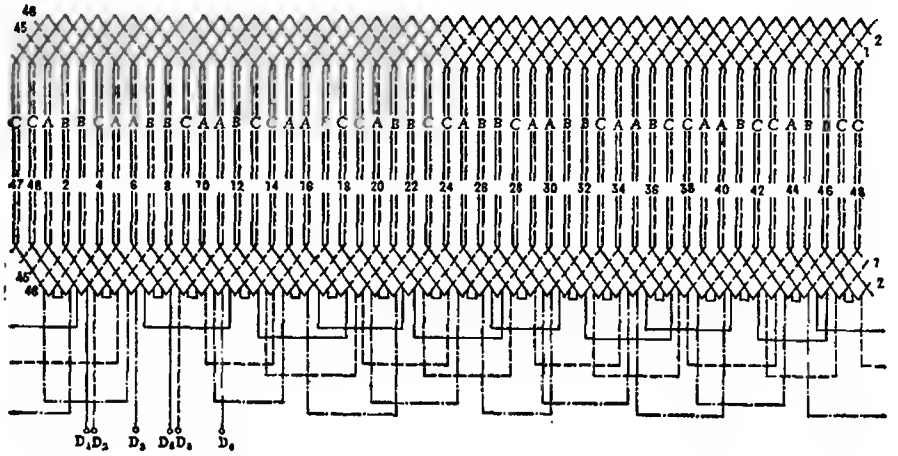


图 2—38　分数槽绕组展开图（3 相10极48槽）

第三章　异步电机故障分析与局部检修

异步电机的故障是多种多样的，一般与它的负载情况、维护管理、工作环境、结构型式以及设计制造质量等因素有关。同一故障可能有不同的外表现象，而同一外表现象也可能由不同的故障所引起。为了迅速修复电机，对故障的判断和处理，不仅要快，而且要准。因此，我们必须熟悉各种故障的特点，掌握故障分析和检修的方法。

伟大领袖毛主席教导我们："**一切真知都是从直接经验发源的。**""**感觉只解决现象问题，理论才解决本质问题。这些问题的解决，一点也不能离开实践。**"电机故障的分析和检修，不能光凭书本知识，还必须反复实践，在实践中认真总结经验，才能不断提高分析故障能力和修理技能。

本章内容，介绍异步电机常见的故障情况和分析方法，着重讨论绕组故障的局部检修，并简单说明滑环、电刷和结构零部件的修理方法。

第一节　异步电机故障特点和分析方法

异步电机的故障分为两大类：一类是属于电磁方面的故障，大多数发生于绕组；另一类是机械方面的故障，如轴承磨损，定转子相擦等。区分这两类故障，一般可以这样进行：将

电动机通电运转时，故障现象存在，切断电源后，故障现象仍存在，这说明是机械方面的故障；如果切断电源后，故障现象立即消失，就说明是电磁方面的故障。根据以往的实践经验和理论分析，在本章末表 3—6 中列出了异步电动机常见的故障情况及原因，以供初步分析时的参考。

分析电机的故障，一般可按下列步骤进行：

（1）了解电动机的规格和构造，向用户询问电机故障前后的运行情况；

（2）检查电机结构零部件的情况，例如端盖、机座是否破裂，转轴是否弯曲，风扇是否损坏等等；

（3）检查轴承运转情况，将转轴上下摇动，如果觉得轴有松动现象，表示轴承失效；再用手转动转子，检查转子是否转动灵活；

（4）检查电机绝缘情况，可用摇表检查绕组是否有通地或相间短路的现象；

（5）经过上述检查未发现重大问题时，可将电机接入电源，进一步观察故障现象。若电源保险丝熔断；绕组冒烟并发出焦臭味；转动缓慢，发出嗡嗡声；或甚至不能起动。则表示电机内部有故障，需要拆开电机进行内部检查。

第二节　异步电机的拆卸和装配

为了不把电机拆坏，增加修理困难和保证检修质量，必须掌握正确拆装电机的技术，学习在复杂情况下选择正确拆卸电机的方法。

在拆卸前，应准备好各种专用工具及作好拆卸前的检查和记录工作。在接线头、刷握、端盖、轴承等零部件上都应做好记号，以便装配时各零部件均归复原位。

一、电机的拆卸

电机拆卸的步骤如下：

（1）拆下电机的外部接线；

（2）拆下电机轴上的皮带轮或联轴器；

（3）拆下轴承外盖；

（4）拆卸端盖；

（5）抽出转子。

拆卸时应特别注意以下几点：

（一）拆卸皮带轮或联轴器：

拆卸电机时，应先拆皮带轮或联轴器（靠背轮）。拆卸时，先把皮带轮（或联轴器）上的固定螺丝或销子取出，再用专用工具把皮带轮（或联轴器）慢慢地拉出来。如图3—1所示，用工具上的挂钩二根（或三根）对称地钩住皮带轮（或联轴器）的边缘，并注意螺杆必须顶正轴端，以免使皮带轮（或联轴器）受力不均匀，不易拉出，甚至引起转轴变形，或将皮带轮边缘扳坏。如皮带轮（或联轴器）被锈锈住，可在其与轴接缝处先渗些煤油，待渗透后再拉。绝不要用铁锤猛打猛敲，以免损坏皮带轮（或联轴器）以及轴、轴承、端盖等零部件。

如果还拆不下来，可设法将皮带轮（或联轴器）迅速加热，同时应该用石棉布或湿布将轴包住，防止轴和皮带轮（或联轴

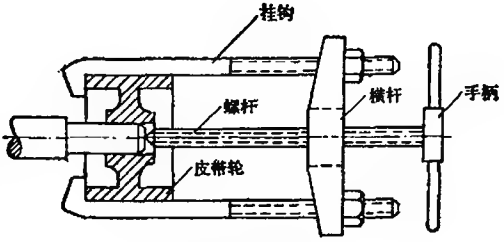


图3—1　拆皮带轮

器)一同受热膨胀。

(二)拆卸端盖：

在皮带轮(或联轴器)拆下以后，应先拆除风罩和外风扇(对封闭型电机而言)。并拆除前后端轴承外盖(小容量电动机有的没有轴承外盖)。再松开端盖固紧螺栓，同时将另一侧的端盖固紧螺栓拆下。为了便于装配复原，在端盖与机座的接缝处应标上记号，且两端记号不应相同。随后，对小型电机可用木榔头敲打轴伸端，使端盖和机座分离。对大中型电机，一般端盖上设有顶盖螺孔，可用端盖螺钉旋入顶盖螺孔内将端盖顶开。端盖轻者可用手取下，重者可用吊绳吊住逐渐放下。

如果拆卸绕线式电机，在拆端盖之前，还应将定子与端盖之间的连接引线拆开，作好记号，并应取下或抬起电刷。注意保护电刷及短路提升装置，并将滑环涂薄层油脂后包好，以防在拆卸端盖时碰伤。

对于20瓩以内的小型电机，一般只拆传动端的端盖，在拆除另一端盖螺栓后，可将端盖带风扇和转子一并抽出。对于较

大的电机，因转子较重，需要把两侧端盖都拆下来以后，再抽转子。对于大型转子，并应先在转子下面垫入硬纸板，或用木架支承，然后拆去端盖，以避免转子直接压在定子上。

(三)抽出转子：

抽出转子，必须注意不要碰伤定子线圈。

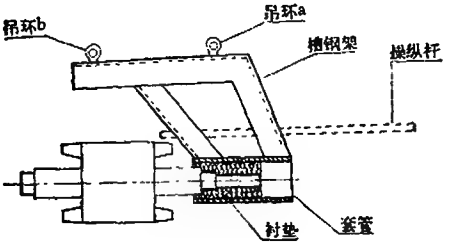


图3—2　吊转子工具

当转子重量不大于35公斤时，可用手直接抽出。较大的转子，用图 3—2 所示工具吊出较为方便。先用吊钩挂在吊环 a 处，吊起工具套于转子轴上(套筒内须垫橡皮或纸板)，然后将吊钩挂在吊环 b 处，并掌握操纵杆使转子水平而平稳地抽出。

更大的转子拆卸时，先将转轴套上起重用的钢绳，绳下加衬垫，前后钢绳间并用横木撑开，以防钢绳擦伤定子，如图 3—3(a)所示。用吊车吊起转子慢慢移出，将转子重心移到定子外面。如轴伸太短时，须用管子或假轴与轴伸连接，如图中虚线所示。管子内衬以厚纸板或橡皮，以防损坏转轴表面。转子重心移到定子外面后，在转子轴端下垫一支架，将钢绳套在转子重心位置如图3—3(b)所示，然后将转子全部抽出。

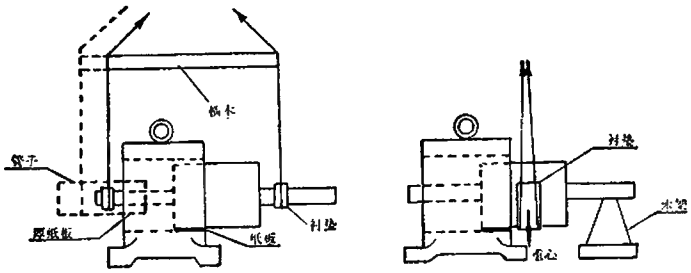


图3—3 转子吊装示意图

二、电机的装配

电机修好后装配时，装配的步骤大致与拆卸的顺序相反。首先将轴承内盖和轴承装于转子上，在轴承上加入适量的合格润滑脂，并包好以防灰屑染污。检查和清理定子膛内，应无杂物及突出的绝缘，并用吹尘器(如皮老虎)将定子线圈上的灰尘吹净。对大型电机在膛底垫上硬纸板，再将转子吊入定子内。然后将一端的端盖装上。安装时要注意对正原来做的记号，使端盖归复原来位置拧入原有的螺栓，此时不应拧紧，取出垫在定转子之间的纸板后，用同样方法装上另一端的端盖。最后交叉对角地将固紧螺栓旋紧。并且要时时用手转动转轴，检查它的装配情况。

绕线式电机的滑环、电刷与举刷装置等，根据结构情况须安装在端盖内者，应先装妥于端盖上。在端盖装好后，再进行

接线，并检查电刷接触面吻合情况。

安装皮带轮(或联轴器)是最后一道工序。安装中小型电机皮带轮(或联轴器)时，可用木榔头沿圆周均匀敲入轴伸端。或在皮带轮外侧垫以木块用铁锤敲入。为了不伤害轴承和防止电机移动，可在另一端设法将轴顶住。

第三节　绕组故障和局部检修

绕组是电机中最易发生故障的部件，绕组故障常见的有：(1)通地；(2)短路；(3)断路；(4)接错。

一、绕组通地

绕组通地是指绕组与电机的铁芯机壳间有接通现象。这种接通，不论电流的大小如何，都将使机壳带电，引起人身触电事故，这是正常运行所不允许的。一般安装电机时，应将机壳可靠地接地，如绕组与机壳(或铁芯)接通，将产生较大的短路电流，可以及时发觉，不致于造成机壳带电运行，以保安全。

造成绕组通地的原因很多，主要的有：(1)绝缘受潮，绝缘受油灰污染，或绕组绝缘失效，使线圈的导线和铁芯间发生漏电；(2)电机长期过载运行，使温升超过规定值，以致绝缘老化脆裂；(3)导线松动，硅钢片未压紧，有尖刺等，振动时将绝缘损伤；(4)定转子相擦，破坏绕组绝缘，或使铁芯过热烧伤槽楔和绝缘；(5)电源网路架空线遭到雷击引入外部过电压，或因操作不当产生操作过电压，使电机绕组绝缘击穿；(6)绕线嵌线操作不慎，使绕组绝缘受到损伤等。

检查绕组是否通地，可用摇表、万用表或检验灯。例如用检验灯试验电机绕组是否通地。应将电机放在木板或工作台上，同时注意安全，以防触电。然后将一根检验灯引线连接于电动机的机座，另一根则与电机引出线相接，如图3—4所示，如果灯发亮，表示绕组已通地。

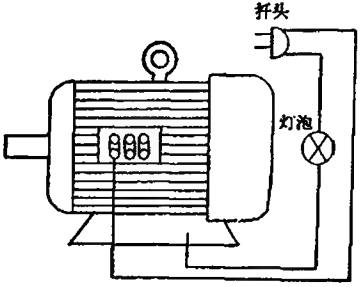


图3—4　用检验灯检查三相电动机通地

如用摇表检查，低压电机可用500伏摇表测量对地绝缘电阻，当转动摇柄时，指针指到零值，表示绕组已接地。有时指针摇摆不定，则说明绝缘已被击穿，只不过尚未稳定地通地而已。

用万用表来检查通地故障，应将旋扭旋到 R×10K 档进行测量，同时注意人的手不要触及测量针。

假如电机经上述试验证明通地，在没有做别的试验以前，必须找出具体通地点。

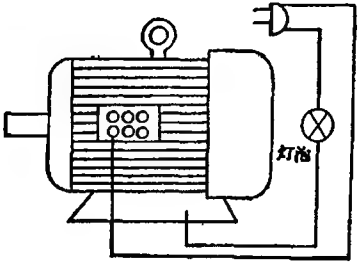


图3—5　检查通地相

这时应先将Y形或△形联接点拆开，然后分别检查各相绕组，如图 3—5 所示。灯亮则表示该相绕组通地。

通地的一相找出后，再找通地的线圈。先把该相的极相组

联接线拆开，然后如图3—6所示，分别检查各极相组。通地的极相组找出后，如图3—7所示剪开通地极相组各线圈间的连接线，然后检查每只线圈，找出故障线圈。

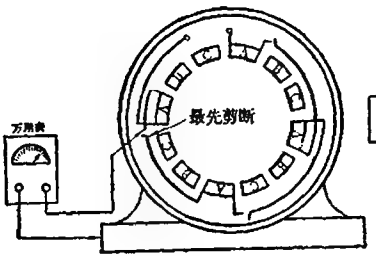


图3—6　检查通地极相组

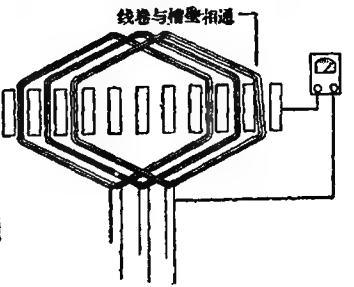


图3—7　检查通地线圈

上述方法俗称淘汰检查法，比较费工。若有条件，可用高压试验变压器检查绕组通地故障，较为简便。将高压试验变压器次级线圈一端接机壳，另一端接绕组，将电压逐渐升高到1.3倍额定电压，仔细观察，产生冒烟或有火花之处，便是通地之点。

排除通地故障，视绕组绝缘损伤情况而定。除绝缘老化以外，一般都可以局部修补。如果是引出线绝缘损坏，重新包好即可。若是端部或槽口处线圈绝缘损伤，可将绕组加热软化，设法垫入或包上绝缘物。若槽中线圈绝缘损坏则必须在绕组加热软化后，抽出槽楔，仔细拆出线圈，加衬绝缘，然后用上述方法复试，绕组绝缘恢复后，即趁热打入槽楔，并在修补处刷上绝缘漆烘干。

二、绕组短路

绕组受潮，线圈绝缘损伤（遭受过电压击穿，过载或单相运行烧坏绝缘等），都会引起绕组短路。

绕组短路的情况有：（1）同一线圈内的线圈匝间短路；（2）相邻线圈间短路；（3）极相组两个连接线间短路；（4）两相绕组相间短路。前三种情况通称同相绕组的局部短路。

同相绕组线圈短路严重时，负载情况下电机根本不能起动，如果只有几匝短路，电机虽能起动，但引起短路相电流增大，三相电流不平衡，转矩降低，同时因为电磁转矩不平衡，而使电机产生振动，发出嗡嗡响声。由于短路中产生很大的短路电流，将使线圈迅速发热、冒烟、发出焦臭味。

检查绕组短路的方法，主要有以下几种：

（一）仪表检查法

将电机空载运行，用电流表（或钳型电流表）测量电机的三相电流，如电源不平衡或绕组内部有缺陷时，都将使三相电流不相等。为了分析电流不相等的原因，可将电流较大和较小的两相的电源线互换后再测，若较大的电流随电源线变动，则电流不平衡的原因主要是电源的原故；若较大的电流不随电源线变动，则说明电流较大的一相，即可能有短路故障存在。

也可将电机断开电源，用电桥（或万用表）测量三相绕组的电阻，电阻较低的即是有短路故障存在的相绕组。

上述方法虽较简便，但不能确定短路部位，而且当短路的匝数较少时，不易准确判断该相绕组是否已经有短路现象存在。

（二）探温检查法

如果是小型电机，将电机空转几分钟左右，然后停车，迅速打开端盖，取出转子，用手探摸绕组端部，如果有一个或一组线圈的温度较其他的为高，则表示这一线圈有匝间或相间短路的故障存在。如果在空转过程中，有焦臭味或冒烟现象，应立即切断电源。

（三）短路侦察器检查法

为了不使短路线圈受到大电流烧伤，最好采用短路侦察器来检查。用法如图3—8所示。短路侦察器具有工字形或口字形铁芯，铁芯上绕有多匝线圈。使用时，将侦察器放在定子铁芯所要检查的线圈边的槽口上，把侦察器的线圈接上交流电源。这时侦察器与定子铁芯构成一个闭合磁路，相当于一个变压器，侦察器的线圈相当于变压器的原线圈，电机槽内的定子线圈则相当于副线圈。若定子线圈无短路故障，则相当于变压器空载运行，侦察器线圈电流较小；若槽内定子线圈有短路故障，则相当于变压器短路，此时侦察器线圈电流增大。因此根据侦察器线圈电流的大小，就可以确定定子线圈是否短路。如无仪表，可以用一块小铁片放在被测线圈的另一边所在槽口上，如被检查线圈有短路现象，便有感应电流流过，小铁片被槽口的磁性吸引而产生振动，并发出嗞嗞声。

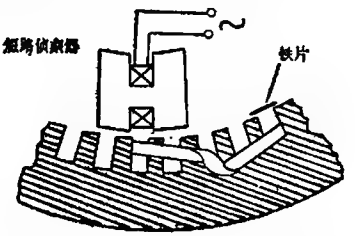


图3—8　用侦察器确定短路线圈

将侦察器沿定子内圆逐槽移动，便可以找出短路线圈。使用侦察器应注意以下几点：

(1) 电机引出线端是△形接法的要先拆开；

(2) 绕组是多路并联时的要先拆开；

(3) 在双层绕组中一个槽嵌有不同线圈的两个边，要确定究竟是那一个线圈短路时，分别将侦察器放在左边相隔一个线圈节距的槽口上，和右边相隔一个节距的槽口上都试一下，才可查明短路的线圈。

(四)电压降法

把短路那一相的各极相组连接线的绝缘套管剥开，并从引线通入50～100伏交流电，用交流电压表测量每组接点间的电压降，电压表读数小的那一组，即有短路存在。然后检查该组内各个线圈的电压表读数，即可查出短路的线圈。此法的接线如图3—9所示。

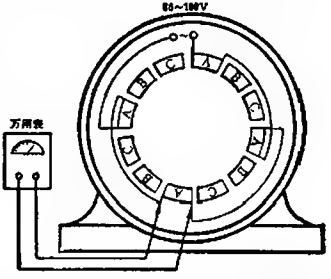


图3—9 用电压降法检查短路线圈

短路线圈找出后，如果绝缘尚未完全烧坏，可以局部修理，具体方法如下：

(1)极相组间短路的修补：极相组间短路，往往是由于联接线的黄蜡管没有套到线圈的接近直线处，或黄蜡管压破所引起，同心式线圈发生这种情况较多，有组间短路时，可将绕组加热软化，用理线板撬开引线处，将黄蜡管重新套好，或用绝缘物包好即可消除故障。

（2）线圈间短路的修补：线圈间短路往往是因为该线圈与其他线圈的过桥线处理不当，或叠绕线圈嵌线方法不当，或整形时用力过猛所引起。双纱包，玻璃丝包线最容易发生这种故障。如果短路点在端部或槽口处，可将绕组加热衬以绝缘物修复。如果整个线圈已经烧坏，可以用穿绕修补法修补（见本章第四节）。如果电机急需应用，而短路线匝未超过10%时，可临时在线圈后端将整个短路线圈剪断，并包好绝缘；同时在线圈前端将线圈的两边刮去绝缘，加以绞接；如图3—10所示。这种方法俗称跳接修补法。这种方法，一般只适用于全部同相线圈为一路串联而且三相绕组是Y形接法的情况。当线圈为并联接线或三相为△形接法时，如果采用上述方法，由于并联回路或各相不对称，将在线圈内产生相当大的均压电流（环流）。这时电机的工作性能将变得很差。

图3—10　短路线圈跳接修补法

（3）匝间短路修补：匝间短路往往是由于导线绝缘破裂所造成，例如嵌线时不慎擦破导线绝缘，或在修理时由于断线处焊接的温度过高，烧焦导线绝缘，使几匝短路。如果短路在槽外部分，导线绝缘损坏不严重，可在加热后绝缘软化的情况下，用理线板轻轻擦入短路线匝间设法加衬绝缘物，并趁热涂上绝缘漆。如匝间短路较严重，根据具体情况，可采用穿绕法，跳接修补法或全部重绕。

短路侦察器是电机修理常用的小设备，可自行制作。

短路侦察器的构造如图3—11所示：铁芯可用0.35毫米厚或0.5毫米厚硅钢片冲成“工”字形，每片上有5毫米小孔六个，铁芯厚度50毫米，两侧用1.2毫米钢板夹装，防止硅钢片张开，叠压后用铆钉铆牢，或用螺栓紧固。在铁芯凹槽中缠上1毫米厚绝缘纸框架，然后在框架上用φ1.0QZ高强度漆包线绕230匝，用于36伏低压交流电源。若用220伏交流电源，仍用上面的铁芯，则须采用φ0.38的QZ高强度漆包线绕1400匝。短路侦察器的曲面一端做成与定子铁芯内圆曲面相吻合，另一端可做成与转子铁芯外圆曲面相吻合。

如果没有上述规格的硅钢片，可用“山”字形及长条形硅钢片，拼成“日”字形铁芯，然后夹紧锯去“日”字上下横档成“H”字形，最后用锉刀修整到需要尺寸形状。

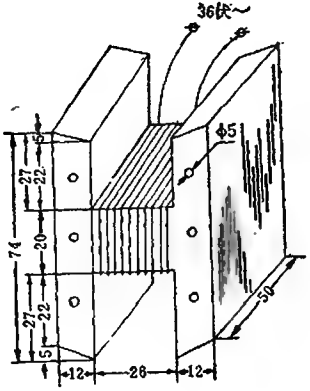


图3—11　短路侦察器结构

三、绕组断路

绕组断路的原因，往往是由于接线头焊接不良，在使用中因过热而松脱；或是绕组受到碰撞或其他的机械应力而拉断；或是由于绕组线匝短路没有及时发现，在长期运行中导线过度发热而熔断；还有相间短路时，也可能产生电弧使导线烧断。

在电机运行中，如果一相绕组断路，就变成单相运行，这时未断的两相绕组中，电流剧增，并发出较大的“嗡嗡”声。这时如果负荷较大，发热愈快，短时间内电机便冒烟和发出焦臭味，如不采取紧急措施，两相绕组就有全部烧坏的可能。

对于这种故障的检查比较容易，只要将电机停下后，它便不能重新起动。将三相绕组的引出线拆开，用万用表测定各相

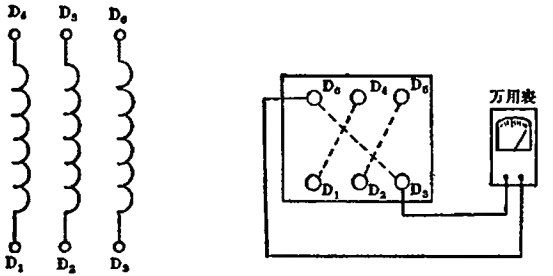


图3—12　检查断路相

绕组的电阻，很快就能确定断路相。如图3—12所示，万用表指针不动，就表示该相断线。

找到断路相后，还须进一步找出断路点。如A相断路，检查时，把万用表一根测试棒接A相的首端，另一根依次与每个极相组的末端相接，如图3—13所示，假如与第一个极相组的末端相

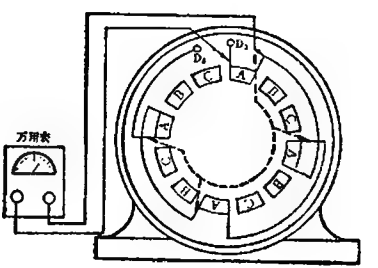


图3—13　检查断路极相组

接时，万用表指针摆动，而与第二个极相组的末端相接则表针不动。这说明第二个极相组有断线。如此继续试验，直至找出所有断路极相组。

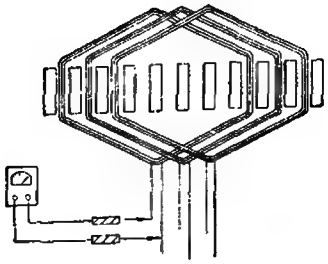


图3—14 确定断路线圈

找到断路极相组，再把断路极相组的线圈连线剥开，然后分别检查每只线圈。如图3—14所示。假如绕组是多路并联，还必须确定断路位于那一条支路。

断路故障处理：如果是连线或引出线头脱焊或扭断所致。找出后重新焊接包好绝缘即可。如果只有少数几根导线在端接部分烧断，且线圈绝缘尚好，可将铜粒清除干净，把断线仔细清理焊好包上绝缘。如果断线在槽内，则要用溶剂或加热使绕组绝缘软化，翻起断路线圈边，重新放入一根合适的新线，把接头放在端部斜边位置。然后封好槽口，刷漆烘干。如果断线较多，可采用穿绕修补或跳接修补。

四、绕组接错

由于对绕组的联接规律不熟悉，或因工作疏忽，容易将绕组接错。绕组接错后，电机起动情况不好，同时噪音很大，三相电流很不平衡，即使电机空载运行，有时电流也可能超过额定值。确定绕组内部是否接错，可将转子抽出，在定子铁芯内放一只小钢球，然后将三相绕组通入电流，如果接线正确，小

钢球沿着定子铁芯内壁上滚动，如果接线不正确，钢球即静止不动。在应用此法时，注意通电时间不能太久，对于大、中型电机，并应将电压降低。

绕组接错的情况及具体检查方法如下：

(一)线圈、极相组接反

当线圈、极相组连接不正确时，就产生极性错误。

(1)线圈接反：三相电动机极相组中的线圈连接，均使电流按同一方向通过各线圈，如果线圈接法不一致，电流方向就会错乱。检查方法，除外表观察外，可逐相通入低压直流电源，同时，在铁芯膛内放一指南针；指南针经过每一极相组时，均应反向。假使指南针在一个极相组内时，指针摇摆不定，则表示这一极相组可能有接反的线圈。接反的线圈，产生一个与同组中其他线圈相反的磁场，致使整个极相组的磁性减弱，因此指南针的指针摇摆不定。

(2)极相组接反：检查极相组是否接反，方法同上。一般采取逐相检查，在绕组内通以低压直流电，如图3—15所示：若极性正常，则指南针每经一极时，方向即行相反。若遇到相邻二极指针方向不变，即表示其中一极相组接反。

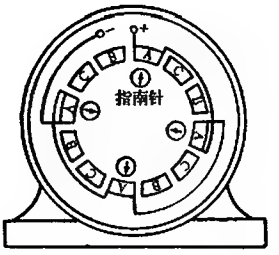


图3—15　用指南针检查绕组极性

检查绕组极性也可用铁钉法，这时将定子竖置，逐相通入低压的交流或直流电源，然后铁芯上放一铁棒，铁棒的两端即

指向两极的中心。如相邻的极性正常，则铁棒即被两极吸引；如极性错误，则铁棒一端即被排斥。

发现线圈、极相组接反，应将引线头互换，再照上述方法复查。

(二)绕组首末端接错

判断绕组首末端是否正确，方法很多，下面介绍几种：

(1)**用电压表判断**：①首先用万用表，找出每相绕组的二个头分别标上(D_1、D_4)；(D_2、D_5)；(D_3、D_6)；假定$D_1D_2D_3$是各相绕组的首端；$D_4D_5D_6$是各相绕组的末端。

②将D_5D_6两个末端连接起来，以D_3D_6相绕组作标准，在D_1D_4间加上较低的单相交流电压V_1(见图3—16a)。

③用电压表测量D_2D_3间的电压，如果$U_{23}\approx 0$则D_2D_5相绕组的首末端是正确的；如果$U_{23}\approx 0$则D_2D_6相绕组的首末端标错了，应该互换过来。

④再按图3—16b接线，在D_2D_5间加上电压V_2，用电压表测量D_1D_3间的电压，如果$U_{13}\approx 0$则D_1D_4相绕组的首末端正确，如果$U_{13}\approx 0$则D_1D_4相绕组的首末端接错了，应该互换。

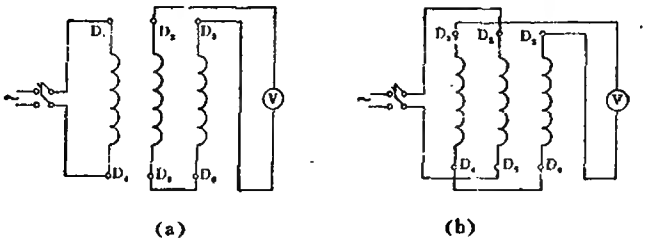


图3—16　用电压表或灯泡判断绕组首末端

如果一时没有调压器，不能简便的取得低压交流电源，也可以用干电池和一把闸刀开关串联在一相绕组上。如图3—17(a)所示，仍以D_3D_6相绕组作标准。如果D_6、D_5相接，迅速合上(或拉开)电源开关K，观察接在D_3、D_2端的电压表是否摆动？如不摆动，则表示D_2、D_5相绕组的首末端是正确的。如大幅度摆动，则表示D_2、D_5相绕组标反了，应该互换。

再按图3—17(b)接线，用同样方法判断D_1、D_4相绕组的首末端是否正确。

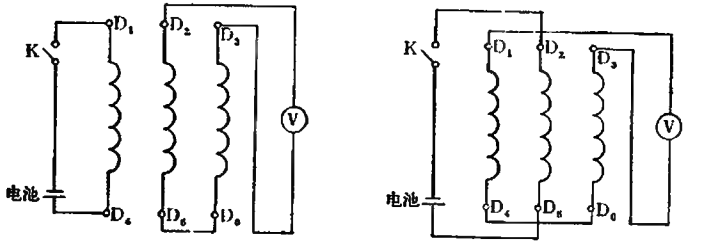


图3—17　用干电池判断绕组首末端

在上述试验中如果没有适当的电压表，也可以用灯泡代替。

(2)用万用表判断：将三相绕组接成Y接法，把其中任意一相接上低压36伏交流电源，在其他两相出线端接上万用表10伏档，如图3—18(a)所示，记下有无读数。然后改接成图3—18(b)所示，再记下有无读数。

①如两次都无读数，表示接线正确；

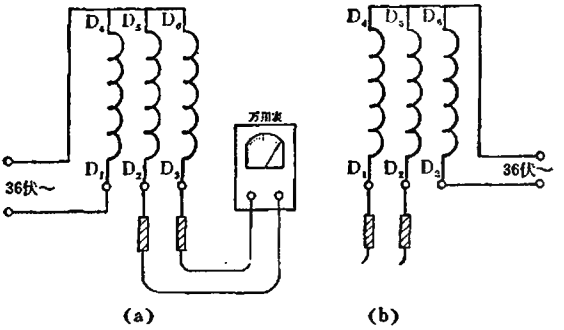


图3—18　用万用表判断绕组首末端

②如两次都有读数，表示二次都没有接电源的那一相接反了。即图2—18所示的中间一相接反了。

③如二次中只有一次无读数，另一次有读数，表示无读数的那一次接电源的一相接反了。

如果没有36伏的交流电源，可用干电池（甲种电池）作电源，万用表选10伏直流档。一个引线端接电池的正(+)极，另一引线端碰触电池的负(-)极，当电表的指针摆动，即表示有读数，如电表指针不动，即表示无读数。判断方法与上相同。

第四节　损坏线圈的穿绕修补方法

电动机定子绕组个别线圈损坏，根据情况应先考虑穿绕修补法。因为全部拆换费工费料，而局部拆换时，又可能将本来完好的线圈弄坏，尤其是双层绕组，更换一只线圈，需要翻出

一个节距内的全部线圈，损坏的可能性更大。而采用穿绕修补则可以避免上述情况。

穿绕修补时，先将绕组用溶剂刷浸或通电加热，使绝缘软化。将坏线圈的槽楔打出，剪断坏线圈两端，将坏线圈下层边导线一根一根地从槽底抽出，再拆出坏线圈上层边导线，注意不要损坏好线圈。然后，清理线槽，用一层聚脂薄膜复合青壳纸卷成圆筒，插进槽内，做成完整的绝缘套。穿线前，在绝缘套内插入铁丝或竹签（打蜡）做成的假导线。假导线的直径应比线圈导线略粗，以免最后几匝导线不易穿入。导线按坏线圈的总长（加适当余量）剪断，从总长的中点开始穿线，如图3—19所示，将一端导线按1、2、3、4的顺序穿绕，再将另一端导线按5、6、7、8顺序穿绕。穿线时将假导线抽出后应随即将新导线穿入，以防穿好的导线或假导线发生移动。穿绕完毕，整理好端部，再测量绝缘电阻和进行空载试验，证明没有故障后，即可进行浸漆烘干处理。

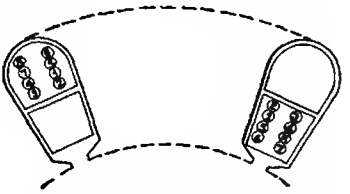


图3—19　线圈穿绕修补法

第五节　高压定子线圈主绝缘局部修补

如果高压电机定子线圈主绝缘尚未老化腐蚀，只是局部被击穿，可根据主绝缘结构及其所用材料性质，进行局部修补。修补工艺如下：

一、找出故障点

检查线圈端部，尤其是槽部位，仔细观察绕组绝缘有无变色、烧焦或闪烙痕迹。当外表观察不能肯定时，最好采用试验变压器加压试验(1.3倍额定电压)。加压时必须注意安全，并派专人监视，听其声音，观察放电现象，直至准确地找到故障点。

二、取出损坏线圈

故障点确定后，如果是绕组上层边，只需提起上层边即可。如果故障点在下层边，必须把整个线圈从槽内提出。

提出线圈，必须细心地进行，防止损伤绝缘。首先，用烙铁或喷灯熔下扎线或并头套，清除焊渣整直线头。解除端部绑扎。然后将线圈通电加热使绝缘软化，加热电流约为线圈额定电流的1.5倍，加热到线圈表面温度约80℃左右(用手摸略感烫手)。在加热过程的同时，作好取线圈准备工作，将几根棉绳或布带分别穿入所取线圈端部斜边位置。待加热好停电后，即趁热打出槽楔，用木棒略为抬起线圈上层边。将棉绳或布带由斜边部位移向直线部分，使槽内上下层线圈边分开到一定距离。为了防止线圈弯曲损伤绝缘，对于直线部分较长的线圈，可用适当的棉绳从铁芯通风槽处穿入，使中部与两端同时着力以取出线圈边。如取不出时，不能猛力硬提，必须分析原因消除障碍后再提。若线圈温度已下降过低，应重新加热。

三、绝缘修补

(一)浸胶线圈主绝缘修补

对浸胶线圈可采用虫胶漆粘天然云母加热修补。首先沿线圈故障点周围，用电工刀逐层削去烧焦部分，直至露出导线为止。在一般情况下(故障点为击穿小孔)，割削绝缘的斜度与其厚度之比约为7:1，在割削绝缘斜度范围内，其它部分也应沿绕组周围适当削去绝缘2—3层，以免最后绕包绝缘时，超出原来厚度。

根据故障点削孔大小和形状，将天然云母片剪成形状适当和大小不等的小块。与此同时把虫胶漆配好，虫胶漆是由虫胶片和无水酒精在干净的器皿中配制而成。配比用量以使漆液呈糊状为准。为了缩短配制时间，可将漆液加盖后放在烘箱内适当加热。

云母片和虫胶漆准备好后，便可着手进行修补。选择适当的小块云母，用干净的竹片沾上漆液，单面均匀地涂刷一层(不宜过厚)，然后将其贴在修补处，用烙铁靠近加热，并用手指按平贴，使之与绝缘导体紧密粘合。如果云母片边缘翘起，可适当加点漆液，再用烙铁加热按平。这样依次将凹坑绝缘细心地一层一层地补平。分层修补时，云母片的大小应互相交错重迭。补了几层之后，应适当加一层大一点的云母片，加强裹紧小块绝缘的作用。凹坑绝缘补平之后，再用大块长条云母片（单层涂漆）补平原来削去的2—3层绝缘层。

为了加强绝缘的机械保护，在修补绝缘处对接包一层白绸

带(见图3—20b)。如果线圈直线部分最外层保护带已损坏，可清除原有保护带，全部用白绸带对接包一层。绝缘包好后，通电干燥，电流不应超过线圈额定电流的1.5倍，时间约30分钟，然后冷至常温，进行耐压试验(加1.5倍额定电压)。合格后，在白绸带上刷一层气干绝缘漆，绕组即可嵌装。

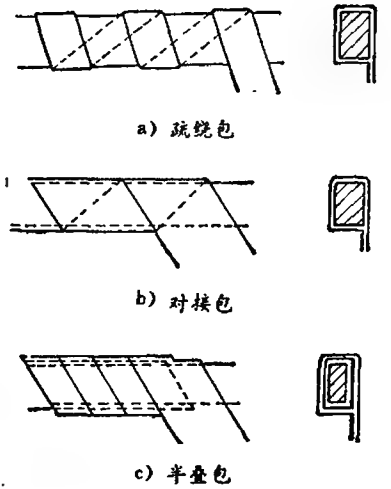


图3—20 绝缘带包绕方法

(二)B级胶带绝缘线圈修补

浸胶线圈结构和工艺处理比较陈旧落后，正在淘汰。目前国内新生产的高压电机线圈，普遍采用B级胶带作主绝缘。它是由环氧粉云母带包扎，热压固化而成的。这种线圈主绝缘的局部修补，可参考上述浸胶线圈用云母片修补的方法，不过粘合剂不能用虫胶漆，应采用环氧树脂粘合剂。

(三)环氧粉末熔敷绝缘线圈的局部修补

近年来，有的制造厂，在高压线圈和转子铜排线圈制造中，应用环氧粉末熔敷工艺，将环氧树脂粉末作为线圈主绝缘。目前试制中的高压线圈绝缘结构形式有两种：一种是整个线圈主绝缘均采用环氧粉末熔敷绝缘；另一种是端部采用环氧粉末熔敷绝缘，直线部分采用B级胶带绝缘。环氧粉末熔敷绝缘线圈局

部损坏，可按下列方法修补。

首先把绝缘损坏处用电工刀刮去，清除干净，然后将线圈加热至100℃左右，趁热滴入环氧——乙二胺胶。封密损坏处后，在室温下固化。

环氧——乙二胺胶的配制成分如表3—1。环氧胶的各种成分及所用器具须保持清洁，严防灰屑及金属粉末染污，并应根据需要量随配随用，不可存放。

表3—1　　环 氧 胶 配 方

成　分	作　用	重量百分比
环氧树脂	粘结剂	100
石英粉	填充料	50
乙二胺	固化剂	6—8

四、绕组嵌装

将铁芯清理干净，并在槽底垫上绝缘垫条（可利用原拆出的垫条），然后将线圈加热到60°—80℃，嵌入槽内，打好槽楔，绑扎好端部。耐压合格后，焊好接头。在接头处，6000伏线圈可用云母带半迭包4层，外加玻璃丝带半迭包一层〔图3—20(c)〕，并刷气干绝缘漆。

第六节　绕组绝缘电阻下降与处理方法

一、绕组绝缘电阻下降原因与检查

电机长期停用或储存，受周围潮湿空气、雨滴、灰屑油污、

盐雾、化学腐蚀性气体等侵入，都可能使绕组绝缘电阻下降。绕组绝缘电阻不合格，电机投入运行就有被击穿烧坏的可能。所以在电机接上电源前，应首先检查绕组对地绝缘电阻和相间绝缘电阻。

绝缘电阻一般用兆欧表（俗称摇表）测量，额定电压为500伏以下的电机，用500伏级的兆欧表。500伏以上的电机，应用1000伏级的兆欧表。兆欧表测得的绝缘电阻值R_i，应不低于用下列公式算出的数值：

$$R_i \geqslant \frac{U_H}{1000 + P_H/100} \quad \text{兆欧} \qquad (3—1)$$

式中：U_H——绕组额定电压，伏；

P_H——电机的额定容量，瓩。

兆欧表使用时，必须放平稳，以免影响测量机构的自由转动，摇动手柄时，勿使表受振动。兆欧表的联接线必须用绝缘良好的单股线，不能用双股绝缘线，两根联接线不能绞缠在一起，也不可与所测电机或地面接触。在摇测前，摇表应分别先作一次开路和短路试验，即将联接线开路，摇动手柄，表针应摆到"∞"处；然后将联接线互相碰接，轻摇手柄，表针应摆到"0"处。如果不是这样，说明表有故障，必须检查修理好，才能使用。兆欧表接线时，注意将有接地符号接线柱（⏚）引出的联线接于机壳上。摇动手柄时应由慢逐渐加快，待调速器发生滑动后，保持转速稳定不变，继续摇到指针稳定。如果所测电机短路，表针摆到"0"点，应立即停止摇动手柄，以免仪表受损。测量时的情况（如所用兆欧表的编号和电压等级，当时

的环境和气候——温度、湿度、阴、晴、雨、雾等）和测量结果应一一记录下来，作为判断绝缘优劣的参考。

在生产实践中，有时碰到电机起动或运行不久，就冒白烟，但无焦臭味，三相电流平衡，声音也正常，这往往是因为电机绕组已经受潮，当运行时，温度升高，潮气被蒸发出来，呈白烟现象。遇到这种情况，应立即把电机负载甩掉，在低电压下（约为额定电压的$\frac{1}{4}$～$\frac{1}{5}$），让电机空转一段时间，以驱除潮湿，或将电机停止运行，用其他方法干燥后，再行使用。

二、处理方法

如上所述，绕组绝缘电阻下降，大多数是属于绕组受潮，一般应进行干燥处理。但有些电机的绕组，由于原来绝缘处理不够好，或绕组绝缘老化腐蚀，经常停用几天就发现绝缘电阻下降。遇有这种情况，应在干燥后进行一次浸漆处理（见第四章第四节）。下面简单地介绍电机干燥方法。

（一）外部加热法

这种方法对所有电机都适用，加热时有条件的最好采用烘箱。

对于小型电机，可将其拆开，把白炽灯，红外线灯或电炉放进定子膛内，然后遮盖好以减少热损失。这种方法的缺点在于加热不均匀。因此须注意，电机靠近热源部分的温度不得高于规定值（参考表3—3）。同时要采取适当的方法以防止开敞的发热元件引起火灾。

如用鼓风机吹动加热的空气，能得到良好的干燥效果，但热量消耗较大。鼓风机位置要装得恰当，以使热空气能吹到全部线圈。为了监视热风温度，应在鼓风机的热风出口处装上温度计，使热空气的温度不超过绕组干燥温度的规定值(参考表3—3)。同时为了使全部线圈能得到均匀的加热干燥，必要时须变换吹风部位。

(二)电流干燥法（铜损法）

(1) 交流电干燥：对于中小型电机可采用图3—21和图3—22所示的接线图。在电机中通入单相交流电流，利用电机本身的铜损来加热。低压交流电源，工厂可以用降压变压器或电焊变压器来获得。在采用图3—21时，电流表的电流应控制在1.5倍电机额定电流范围内。同时要注意把各相的联接头接好，以免三相绕组的电流分配不均匀(每相约为$0.5I_H$)，防止一相绕组通过的电流太大而烧坏。

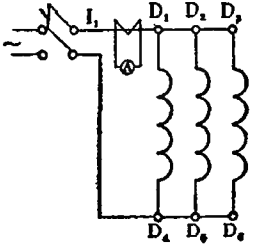


图3—21 380伏/25—75千瓦异步电机的烘干接线图

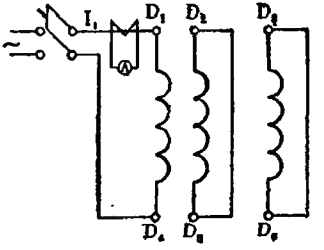


图3—22 380伏/75—200千瓦异步电机的烘干接线图

在采用图3—22烘干时，电流表的电流应控制在0.6倍电机

额定电流范围内。同时每隔4—5时后，将接上电源的相绕组轮换一下，使得绕组受热均匀。

对于380伏25千瓦以下的电机，利用电焊机一般不能得到所需的加热电流(因电机阻抗较大)，这时可以将电机拆开，抽出转子以减少绕组感抗，增加电流。或把转子在定子内轴向移动，根据轴向位置不同，可以调节加热电流的大小。

(2) 直流电干燥：　用直流电干燥电机容易调节电流，以控制绕组的温度，并且对绕组的绑扎钢丝没有过热的危险；因此对干燥中大型电机最适合，其缺点是需要较长的烘干时间，并需要一套直流设备。

如果三相绕组的首末端都已引到外面，则只要在接线板上将它们串联起来。如图3—23(a)(b)所示。然后通以较低的直流电流（电压一般为绕组额定值的8—10%，电流不超过绕组额定值的60—70%）借调节直流电流大小，控制电机加热所需温度。为了避免操作过电压，必须在电流不太大时，即变阻器接入后，才断开电源。

如果不可能拆开各相联接点和使各相串联时，也可以按图3—23(c)(d)进行。同时注意测量三相绕组温度。大约每经一小时，更换一次接头，以使绕组各部分受热均匀。

用上述方法干燥时，通常转子绕组和定子绕组能同时干燥好，因此不需单独干燥转子。

但是，严重潮湿了的或被水淹过的电机，则不能用电流来干燥，因为用电流干燥时，特别是当温度迅速上升时，会使绝缘鼓起。如用直流电干燥，更可能产生电解作用而损坏绝缘。

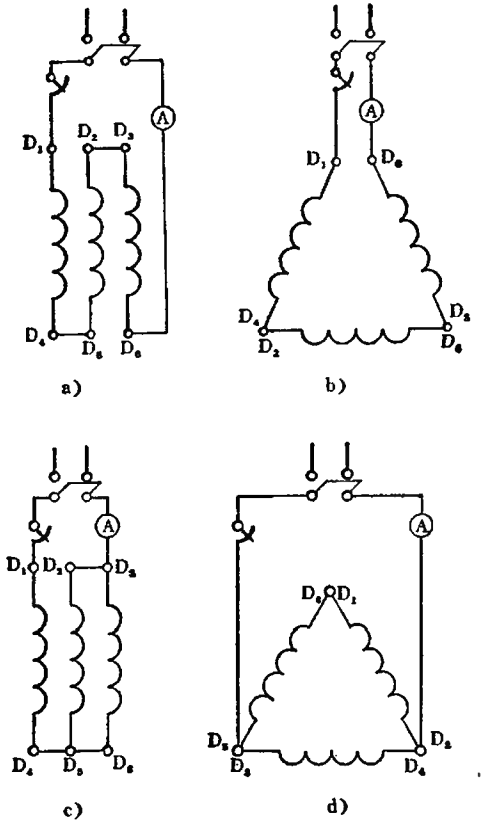


图3—23　直流电干燥三相电机

这种电机应该用前述外部加热法干燥。如果电机被盐水淹过，在干燥前，还必须用淡水冲洗干净。干燥后并须进行一次浸漆处理。

(三)涡流干燥法(铁损法)：这种方法是利用交变磁通在定子铁芯中产生磁滞和涡流损耗，使电机发热到必需的温度。铁芯里的磁通由绕在定子铁上的感应线圈产生，如图3—24所示。为了在干燥时能够调节温度，感应线圈备有几个抽头，以改变铁芯磁通密度。

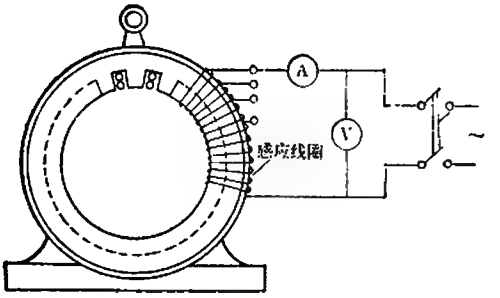


图3—24　涡流干燥示意图

感应线圈匝数可按下式计算：

$$W = \frac{U_1 \times 10^8}{4.44 f B_s S_c} \qquad \text{匝} \quad (3—2)$$

式中：U_1——感应线圈所接电源电压，伏；

B_s——发热所需要的磁通密度，一般采用6000～7000高斯；

S_c——定子轭的横截面积，厘米^2；

f——电源频率，赫。

若f = 50赫，则(3—2)式可为：

$$W = \frac{45U_1}{B_s S_c} \times 10^4 \qquad (3—3)$$

磁化电流可按下式计算：

$$I_i = \frac{AW}{W} \qquad (3—4)$$

式中：AW——全部磁化安匝数

$$AW = \pi D_c a_w \qquad (3—5)$$

式中：D_c——定子铁芯的轭部平均直径。

a_w——定子铁芯单位长度(每厘米)所需要安匝数，其数值可参考表3—2选定。

表3—2　　定子铁芯磁化安匝数

B_s（高　斯）	5000	6000	7000	8000
a_w（安匝/厘米）	1.71	2.11	2.61	3.18

根据磁化电流，即可确定导线截面积，在选择导线截面积时，应使导线流过的电流为其允许值的60～70%，以免在定子内部导线部分过热。

应该指出，根据上面公式得到的数据，不是很准确的，应在使用中根据电机的温升情况，适当的增加或减少感应线圈的安匝数。

(四)综合干燥法：大型电机，如果用上述某一种干燥方法不能达到预想效果时，可同时用外部加热法和铜损法（或铁损法）综合干燥，这种方法在大多数情况下都能得到很好的效果。

不过由于使用此法时，很难测出线圈的实际温度，所以该温度（根据温度计）应低于表3—3规定值的10%左右。

三、电机干燥时应注意事项

（1）电机在干燥前，必须清扫干净（最好用压缩空气吹扫）。

（2）如通电干燥，应使电机外壳可靠地接地。

（3）在干燥电机时，防止电机的热损失，除不断保持通风以排除水分外，为了避免多余的损失，应使电机与周围空气适当隔绝起来。

（4）对于封闭式电机，如整机通电加热时，应注意拆开端盖换气，使机内潮湿易于发散，否则潮湿停留在电机内部，当绕组温度下降时，潮湿侵入绕组，将使绕组绝缘电阻很快下降。

（5）在干燥过程中，要用温度计（或其他测温装置），可靠地监视加热温度，一般应不超过表3—3规定值。

表3—3　　异步电动机绕组干燥温度

（功率小于5000瓩，铁芯短于1公尺）

绝缘等级	A	E	B
温度计法	90	105	110
电阻法	100	115	120

（6）干燥时，加热温度应逐渐升高到最大值，温升速度一般应不大于30℃/小时，以免影响绕组绝缘。特别潮湿的电机，温升速度应降低到每小时8℃左右；或加热到50°—60℃时，保

持3—4小时，待大部分潮湿驱除后，再照一般情况加热到最高允许温度。

(7) 在干燥过程中，随时测量绕组的绝缘电阻值，作好记录，当绝缘电阻值已大于规定值，并已稳定不变时，才可以停止干燥。

第七节　鼠笼转子断条检修

鼠笼转子断条时，将使电机转矩降低，定子电流产生周期性的摆动，并发出强大的电磁噪音。断条严重时，可能使电动机在负载运行中突然停下来，甚至在空载时不能起动。

鼠笼转子断条，一般是由于材料或浇铸质量不良，也可能是由于结构设计不佳，或是电机起动频繁，操作不当等原因所造成。转子断条修理是一项较复杂的工作，一定要认真检查，确定其断条后，再作处理。

一、转子断条检查方法

(一)外表检查法：把电机拆开，抽出转子仔细观察转子的铁芯表面，如发现有过热变色处（常见的一般在端环和转子导条相接处），即是断条所在处。

(二)比较试验法：用同容量、同类型的正常转子换上试验一下，如果电动机转矩、转速、声音正常，就说明换下的转子有故障。

(三)电流测验法：在定子通入低压电源（约为额定电压的10%左右），用手拨动转子，使它慢慢转动，如果是好的转子，

定子电流稳定不变；如果转子有断条，就会引起三相电流的大小循环地变动。

(四)短路侦查器检查法：如图3—25所示，沿转子表面逐槽移动侦察器，当转子铝条正常时，安培表中指示正常的短路电流；若发现电流明显下降，即说明该处铝条断裂。

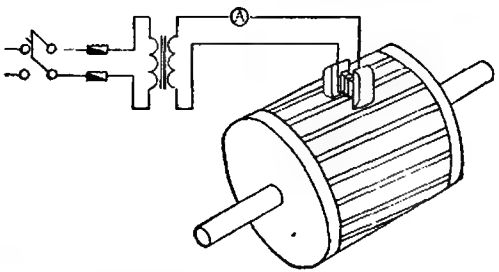


图3—25　用侦察器检查转子断条

(五)鼠笼转子质量检查仪：有的制造厂为了检查鼠笼转子的浇铸质量，设计了一种“鼠笼转子导条质量检查仪”。这种检查仪由开口变压器和电子管放大器组成(见图3—26)。工作原理如下：

将鼠笼转子放在两个开口变压器T_2、T_3上，合上开关K，使开口变压器T_2对转子激磁，如导条良好，在邻近开口变压器T_3上就感应出电压Eg（Eg的大小随着导条内部浇铸情况而变化，导条正常时，其值较大；导条存在缩孔、砂眼或夹杂物时，其值较小；导条断裂时，其值甚微)。此Eg经电子管放大后，可以使微安表的指针有较大的偏转，根据使用得出规律是，当导条正常时仪表的指示约在85微安，转子有缺陷时，指针指在20～

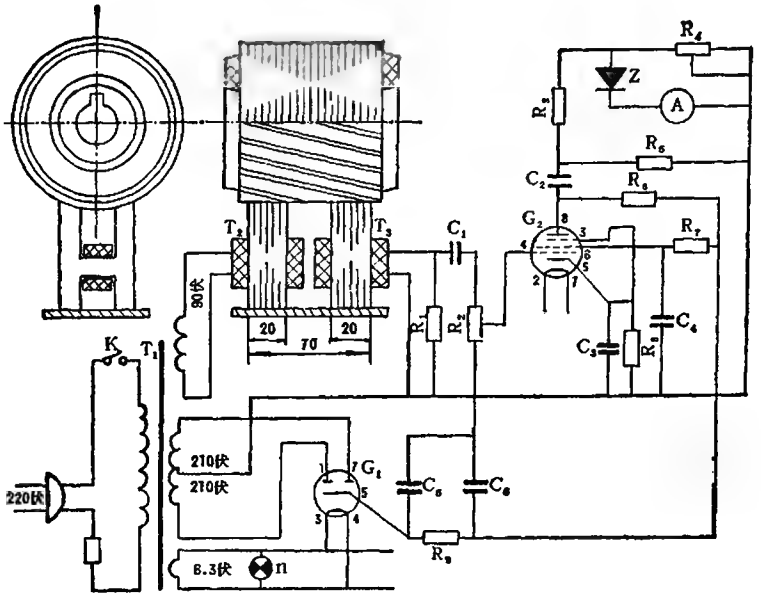


图3—26　鼠笼转子导条质量检查仪电路接线图

40微安左右，铝条断裂后，指针降至5微安以下或零值。从仪表的明显变化中，可以清楚地确定铸铝转子的质量是否合格。

图3—26中代表符号及元件名称规格说明，见表3—4。

二、转子断条处理

若转子鼠笼条的端环有裂开现象，可用气焊来修补。

个别铝条断裂时，可进行局部修理，如其槽两端有风叶，可将断条处的叶片锯下，把转子夹住，用手摇钻把断铝条钻掉。

表3—4　　鼠笼转子质量检查仪用元件规格

符号	名称及规格	符号	名称及规格
R_1	500KΩ	C_3	4微法(12伏)
R_2	560KΩ电位器	C_4	0.025微法
R_3	10KΩ	C_5	16微法(450伏)
R_4	4.7KΩ电位器	C_6	16微法(450伏)
R_5	500KΩ	G_1	6Z4整流管
R_6	30KΩ	G_2	6SJ7—GT放大管
R_7	1MΩ	Z	硒整流片0.1A
R_8	3KΩ	A	0—100微安表
R_9	绕线电阻2KΩ	n	6.3伏指示灯
C_1	0.01微法	K	电源开关
C_2	0.05微法		
T_1	电源变压器可利用机床照明变压器		
T_2	开口变压器(激磁)用φ0.2至φ0.25毫米漆包线绕3000匝		
T_3	开口变压器(接收)用φ0.25毫米漆包线绕500匝		
说明	1.如指针超出测量范围可调节R_4和R_2，使指针在90微安附近。 2.导条正常时，微安表约在85附近，导条截面不足时，降至20～40微安，导条完全中断时指针急剧下降至5微安以下或零值。		

钻时根据槽尺寸大小选用不同的钻头，注意不得钻在铁芯上，如转子水平夹住，则钻头倾斜一个角度，与转子扭斜角度一样，使钻头顺着槽钻下去，钻的速度不宜太快，以免钻头断在槽内，

然后，另作一根与槽形一样的好铝条，打入槽内，用铝焊药把铝条焊在端环上，再把锯下的风叶焊好，检查后无断条，即可装配使用。

当局部修理无效，或断条较多时，可将转子加热到650～700℃，使铝条全部熔化掉，清理转子硅钢片，进行重新铸铝。铸铝设备及模具较复杂，国家系列产品，可送到有关制造厂重铸。如不可能，也可用紫铜条代替。铜条在转子槽外两头留20～30毫米，敲弯后互相搭接，并焊成端环。铜条的截面积，应不少于槽面积的60%。

对于铜条鼠笼转子，如果是导条和端环连接处断裂，可以重新焊好。如果是槽中导条断裂应抽出断裂导条，换上同样的新导条和端环重新焊好。

第八节　滑环和电刷装置的检修

滑环表面应经常保持平滑和清洁，如果有擦伤、烧伤、凹凸不平、偏心等现象，需要打磨或精车。滑环工作时，不应发生振动。电刷与滑环表面密切接触，不应发生跳动现象。

精车或打磨滑环最好在车床上进行，注意车磨均匀，以免滑环失圆。

如无适当车床或转子较大时，可在电机本体上精车或打磨。将车床刀架稳定地固定在滑环附近，精车时刀架应不产生振动，并应调整刀架，使走刀方向与电机轴平行。然后将转子绕组短路，开动电机进行精车，进刀量一般约为0.1毫米，精车后再用细砂纸打光。如电机转速太高不便加工，或容量太大不好开动

时，可用一台小型电机用皮带带动转子进行精车。

如果滑环绝缘套筒损坏，可把原来滑环内铸铁套筒拆下来，将外面轧毛，缠上用环氧树脂予浸的无纬玻璃丝带，缠到厚度比原来云母层厚3—4毫米。在130℃烘焙24小时，待固化后，在车床上校正套筒内圆，精车外圆，使外圆与滑环内圆保持 D/je过盈配合值，将滑环加热到200℃左右，热套到所需位置，冷却即固紧。必要时在滑环两旁绑扎棉绳，涂上绝缘漆并烘干。修复后的滑环如图3—27所示。

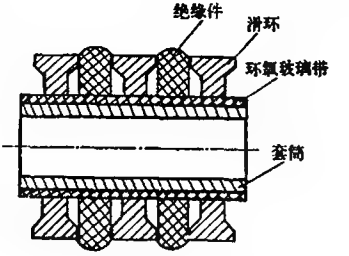


图3—27 滑环修理

刷架及刷握应按规定安装，以保持电刷在滑环上有正确位置。电机所用的电刷牌号应符合要求，电刷在刷握内应能上下灵活梭动，但不应左右摆动。

电刷压在滑环上的压力应适当。压力过小，电刷容易发生跳动，产生火花，使滑环被灼伤；压力过大，使电刷和滑环很快磨损，并增大了磨擦损耗。电刷的压力，随电刷品种和尺寸而不同，碳与石墨合成的电刷，单位压力约为200克/厘米^2，电化石墨的电刷约为150～400克/厘米^2，铜与石墨合成的电刷，约为150～250克/厘米^2。

装用新电刷时，必须把电刷对着滑环进行打磨。打磨时，先把电刷装在刷握内，再把砂纸放在电刷下面，以有砂的一面朝着电刷，然后将砂纸来回移动。移动时，砂纸必须紧贴着滑

环表面。两端不可举起，否则会把电刷的边缘磨成圆角，从而减少电刷与滑环的接触面积。磨好的电刷，不要从一个刷握换到另一个刷握，如果换装，须重新磨配。磨好以后，应将灰屑清除干净。

第九节　定子铁芯的检修

定子铁芯故障一般表现为过热。产生过热的原因，除电源电压高于电动机额定电压外，可能是由于铁芯加工不良（例如在锉槽和精车定子时，残留有毛刺），或由于定子和转子相擦，使硅钢片之间形成局部"短路"，或是由于定子绕组短路或击穿，使硅钢片局部烧坏或熔化。

铁芯因加工不良或定、转子相擦形成局部短路，可用锉刀除去凸出的毛刺，并把凹陷修平整。尽可能使连接的硅钢片分开，并用沾有汽油的刷子把硅钢片洗刷干净，在电机为热态时，将短路硅钢片涂上绝缘漆。

槽齿烧坏或熔化时，如损坏面积不大，并未蔓延到铁芯深处，可以把故障处线圈从槽中取出，用凿子把熔化的铁芯截削掉，再用尖锐的刮刀除去毛刺，清理干净后，在各硅钢片之间垫上绝缘薄膜，并涂上绝缘漆。如果铁芯深处绝缘损坏，则必须拆开铁芯，在硅钢片两面涂刷1611号绝缘漆，烘干重新压装。

铁芯齿部沿轴向朝外胀开，是由于铁芯两侧压圈（或压板）的压力不够，如不及时修理，会使槽绝缘和线圈容易损坏，这时，可用两块钢板制成圆盘，在铁芯的两端，用双头螺栓夹紧，使其恢复原形。夹紧压力可按铁芯面积每平方厘米20公斤计

算。如果是个别齿部松了，可打入硬纸板将其挤紧。

第十节　电机结构零部件的检修

电机除绕组铁芯等方面的故障外，还有结构零部件的缺陷，如果对它们修理不当，同样影响电机的正常运行。

一、轴承的故障和修理

在小型电机中，一般前后端均采用滚珠轴承。在中型电机中，传动端采用滚柱轴承，另一端采用滚珠轴承。在异步电机的故障中，轴承的损坏常占相当大的比例，所以轴承的保养和维修是很重要的。

(一)轴承发热的原因和改善方法：

轴承发热是最常见的故障之一，轻则使润滑脂熔化漏出，重则将轴承烧坏。它产生的原因大致有下列几种：

(1)轴承盖和轴相擦：由于轴承盖加工不准确，或装配时被敲毛，局部和轴相擦。轻微的相擦，使轴承发热，拆开来看，有相擦痕迹。如果由于轴承盖内圆偏心，可再加工修正；如果由于装配时被敲毛，可用细锉刀修光。如果相擦情况严重，会使相擦的地方很快热得发红，甚至使电机停转，此时若不及时切断电源，电机便烧毁。在这种情况下，轴承盖和轴往往都已受损，轴可设法磨光，轴承盖一般都不能再用，必须更换新的。

(2)滚柱轴承内外圈不平行：由于异步电机的机座和端盖是分开加工的，加工误差可能使装配后两个端盖上的轴承孔不同心，造成轴承内外圈不平行，滚珠轴承对不平行度有一定的适

应能力，滚柱轴承在这种情况下，由于滚柱与内外圈的接触不正常，就增加了摩擦损耗，使轴承发热。如果同心度误差不大，电机经过一段时间空载运行后，发热情况可自行消除。如果同心度误差较大，滚柱轴承经常发热烧坏，则必须仔细检查机座和端盖的同心度，予以改正。

（3）润滑脂加得不适当或润滑脂质量不良：滚动轴承应用符合规定的润滑脂，加在轴承的两边，其用量约相当轴承盖内空间体积的$\frac{1}{3}\sim\frac{1}{2}$。如加入润滑脂过多，电机开始运行时有发热现象，并有部分润滑脂由轴承盖间隙中挤出来，发热现象很快即可消除。如加入润滑脂过少，或轴承用久缺润滑脂时，可以听到“擦擦”和轻微的“咯咯”声，轴承温升亦增高，应该立即添加新润滑脂（应与原规格相同），温升即可下降。

加润滑脂时，若是已装好的封闭式电机，只能从轴承的一侧加入，应用洁净竹片将润滑脂从滚子间挤入轴承内侧。如果仅加到轴承外侧，当电机高速旋转时，润滑脂不易进入内侧，使内侧因缺润滑脂而增大损耗和发热。遇到这种情况时，可将电机空转一段时间，使轴承温度上升到60℃左右时，将电机停转约10分钟，再重新启动。如此反复多次，电机在起动和停转过程中，润滑脂较易进入轴承内侧，轴承发热情况也可逐步好转。如果发热情况无好转趋势，那就要另找原因了。

润滑脂质量不好，特别是脂中混入铁屑或灰沙时，轴承运行时可听到“沙沙”声，很易引起轴承发热和损坏，遇到这种情况，应拆开轴承盖进行清洗，重新换上洁净的润滑脂。

表3—5　　中小型电机滚动轴承润滑脂的选择

名　称	钙基润滑脂				钠基润滑脂		钙钠基润滑脂		复合钙基润滑脂				复合铝基润滑脂	二硫化钼润滑脂
牌　号	SYB1401-62				SYB1402-62		SYB1403-59		SYB1407-59					SYB-101 -103
序　号	1	2	3	4	1	2	1	2	1	2	3	4		
最高工作温度(℃)	70	75	80	85	120	140	110	125	170	180	190	200	200	200
最低工作温度(℃)	不低于－10				不低于－10		不低于－10		不低于－40				—	不低于－40
外　观	黄色到暗褐色软膏状				深黄色到暗褐色软膏状		黄色到深棕色软膏状		淡黄色到暗褐色透明油膏状				黄褐色软膏状	灰色或褐色光泽软膏状
抗水性	不易溶于水抗水性较强				易溶于水亲水性强		抗水性弱		抗水强				抗水强	抗水强
适用场所	一般工作温度，有水分或与水接触的条件，适用于封闭式电机				较高工作温度清洁无水分条件，适用于开启式电机		较高工作温度有水蒸气条件下，适用于开启式及封闭式电机		高温工作条件有水接触或严重水分的场所，适用于封闭式电机				高温工作条件下有水接触及严重水分场所，适用于开启式及封闭式电机	高温工作条件及严重水分的场所，特别适用于湿热带电机

在加润滑脂时，应注意要用同一种规格的润滑脂。中、小型电机常用的润滑脂如表3—5。

(二)轴承损坏情况及检查

当轴承严重损坏时，除了发高热外，往往伴随有很大的响声，电机本身也会强烈振动。

滚动轴承常见的损坏及其原因有以下几种：

(1)轴承的外圈或滚珠、滚柱破裂。一般是因为轴承和轴的配合不适当，强行套入引起；

(2)滚珠、夹持器、轴承内外圈变蓝色，甚致烧坏，这是因为轴承散热不良，或长久缺少润滑脂所造成；

(3)金属材料疲劳，轴承滚道金属成片状或粒状碎屑自滚道表面脱落；

(4)水气或酸碱侵入轴承内部，产生严重的锈蚀。

检查轴承是否损坏，首先要用汽油将轴承清洗干净，再用手轻推外圈，使其转动，然后任其逐渐减速而自行停止。如轴承良好，则旋转平稳，只有滚珠与滚道在滚动时的轻微声响，停止时逐渐减速，停后无倒退现象。如果有缺陷，则滚动时将发生杂声和振动，停止时象刹车一样突然止住，严重时还会出现停后倒转，这样的轴承一般不能使用。

如果轴承洗净后，转动较紧，则可能是夹持器变形歪扭，碰触滚珠或轴承圈。这时可用塞尺仔细检查夹持器和滚珠与轴承圈间有无不正常的间隙或相碰的地方。如有这种情况，可用工具轻敲夹持器来纠正。如仍无效，只好重换新轴承。

轴承外圈、滚珠或滚柱已经破裂等严重损坏现象，一般可

以明显的看出。

（三）轴承的拆卸和安装

（1）轴承的拆卸的简便方法有以下几种：

①利用拉轴承的专用工具拆卸。如图3—28所示。拼合夹板

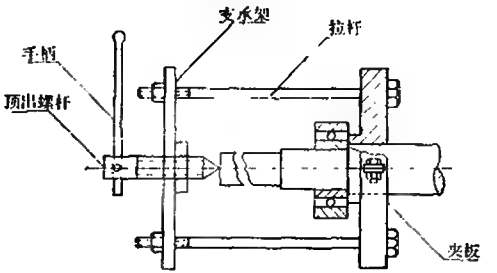


图3—28　拉轴承专用工具

套装于轴上，夹板凸肩顶住轴承内圈，调整拉杆螺帽使四周用力均匀，然后旋动顶出螺杆，使轴承平稳地拉出来。

如无专用工具，亦可按图3—29所示用简单工具拉下。

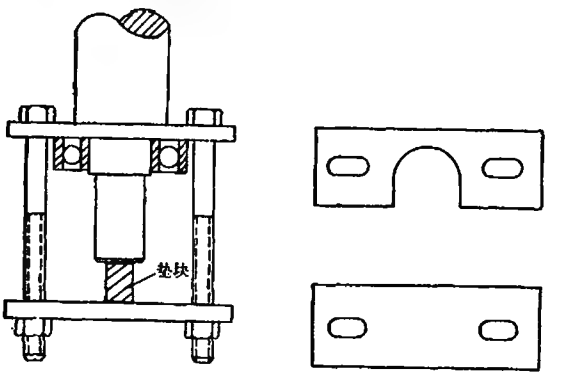


图3—29　拉轴承简单工具

②用铜棒和锤拆卸。内径较小的轴承，也可以按图3—30所示敲出。但须注意不得敲打轴承外圈，敲时要注意使轴承内圈周围受力均匀，不可偏敲一边，也不可用力过猛，要耐心敲打，逐渐敲出来。

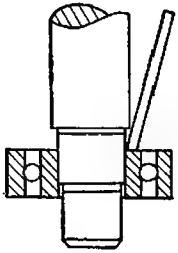


图3—30 用铜棒拆卸

③加热拆卸。如用上述方法不能卸下时，可将机油加热到120℃左右，用油壶浇淋在轴承内圈上。浇油时，要用湿布包住转轴，以免轴受热膨胀。边浇边拉或用铜棒敲打，从开始浇热油起，在3—5分钟内要立刻拆卸，否则轴受热膨胀，就难于拆下，必须待全冷后，再重新加热拆卸。

（2）轴承的安装。轴承的安装，一般用下列两种方法：

①利用加热法安装：如图3—31所示，将轴承放在热油中加热到100℃（不要超过120℃，以免影响轴承硬度降低）经10—15分钟取出，迅速往轴上套，有时只要一推轴承就能装上，有时需在内圈上稍加一点压力。

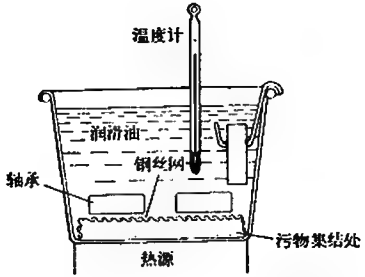


图3—31 用油浴加热后安装

②利用套筒或铜棒直接（不加热）安装：内径较小的轴承也可以按图3—32或图3—33所示的方法，将轴承敲打进去。

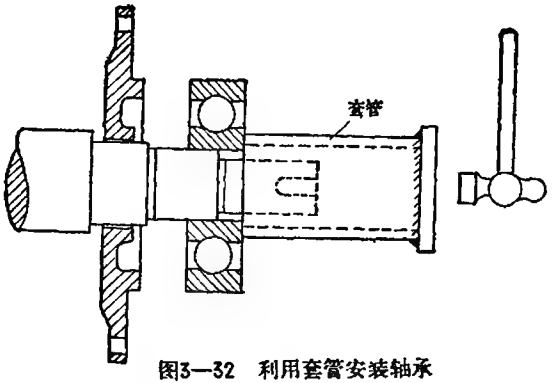
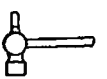


图3—32　利用套管安装轴承

应该指出，轴承每经拆装一次，对它的质量总有一些影响，因此，不要随便拆卸轴承。一般都应该在非拆卸不可时，才对轴承进行拆卸。



二、转轴的损坏和修理

轴是传递转矩以带动机械负载的主要零件，它必须有足够的强度来传递电机的功率，并要有足够的刚度，使电机在运行时，不发生振动或定、转子相擦。

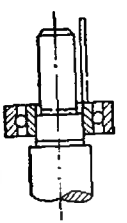


图3—33　利用锯棒安装

轴的损坏情况有：轴头弯曲；轴颈磨损；轴裂纹；轴断裂；键槽损坏等。损坏的原因，除制造质量有问题外，大多数是由于使用不当所造成。例如拆卸皮带轮时，不用专用工具，随意

乱打乱敲，安装时，皮带轮或联轴器不在同一直线上，都可能造成轴的弯曲或其他故障。

(一)轴弯曲：

轴弯曲后，可以在车床上用千分表找到。当弯曲甚小时，不一定矫正。如果弯曲较大，影响电机运行时产生强烈振动，则必须及时修理。一般小型电机轴，当弯曲不很大时，可夹在车床上，用杠杆校正（注意不要损坏车床）；轴径较大或轴弯曲甚大时，则应在压力机上矫正。

(二)轴颈磨损：

轴颈磨损后，轴承内圈和轴的配合发生相对运动。轻微的磨损可采用电镀法，在轴颈外表面镀上一层铬，再磨削至需要尺寸。如磨损较重，可在表面堆焊一层金属，退火消除焊接应力后，再车磨至需要尺寸。亦可以将轴颈车小2—3毫米，另车一适合的套筒，热套在轴颈上（见图3—34），再精车和磨削至需要尺寸。一般中小型电机的转轴，轴颈部分公差采用gc或gc_1，牵引及起重用电机采用gb或gb_1（或照制造厂图纸上规定的公差尺寸配制）。

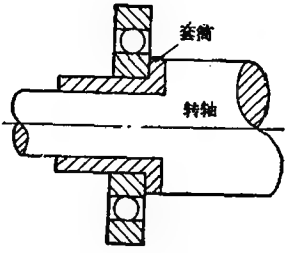


图3—34

此外，亦可利用金属喷枪，在轴颈上薄薄地喷上一层金属，采用这种方法，可防止转轴受热变形，喷过金属后的转轴仍须车磨至需要尺寸。

(三)键槽损坏

键槽磨损时，可先用电焊堆焊，退火消除焊接应力，除去焊渣，然后在车床上车圆和重铣键槽，键槽磨损不大时，也可用加宽键槽的方法来补救。但加宽的宽度不应大于正常键槽宽度的15%，这时键亦要相应更换，如键槽无法加宽，也可以将轴转过一个角度另铣键槽。如加铣键槽应考虑轴的机械强度仍有足够的裕量。

(四)轴裂纹或断裂

轴有裂纹或已断裂，最好是更换一根新轴，小型电机一般用35号或45号钢料。也可用焊接的方法，用堆焊进行补救。如断裂可按图3—35的方法焊接。焊后应退火消除焊接应力，然后加工到原来尺寸。

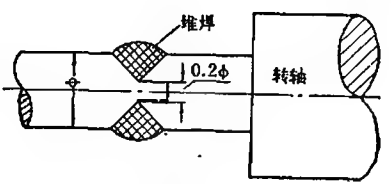


图3—35

三、机座和端盖的损坏和修理

机座和端盖常见的损坏是裂缝，一般是由于敲打、碰撞或摔跌所引起，只有当裂缝长度，小于该工件结构长度的50%时，才可能加以焊补。因为异步电机的机座和端盖大多是用生铁铸成的，其裂纹可用铸铁焊条补焊，但工件要预热到700～800℃。

如用铜焊条补焊可不预热。焊接时应保护工件精加工面和绕组，不使受高温和焊渣损伤。焊后要注意保温，逐渐冷却，以防变形。由于电机的机座和端盖应保持准确的同心度。如焊接变形，就会造成装配困难，甚至无法使用。如果裂缝很短，尚不致影响电机安全使用时，一般不进行焊补，但应在裂缝终端处钻一小孔，以消除应力集中，防止裂缝继续扩大。

如果拆装电机不慎，使端盖和机座配合面，或端盖和轴承外圈的配合面出现凹凸和毛刺等，应用细锉或刮刀修理平整。

表3—6　异步电动机故障汇总表

故障	原因	处理方法
（一）电机发热超过温升标准或电机冒烟	（1）电动机过载或拖动机械润滑不良，阻力增大。	①排除拖动机械毛病，加润滑脂，减少阻力； ②用电流表测电流，如过载，适当降低拖动负载； ③用风扇或鼓风机吹，加强电机通风冷却效果； ④换用较大容量的电机。
	（2）电压过低。	①测量空载及负载时电压，如负载时电压降低过大，则换用较大的电源线，减少线路压降； ②如空载电压过低，则应与供电部门协商提高电源电压。
	（3）电压过高或接法错误。	①如电压超出标准很多，应与供电部门协商解决； ②Y 接电动机。误接△形工作，应立即停机改接； ③△接电机，误接Y形工作，轻负载能运行，重负载温升增高，甚至带不动负载，应停机改接。
	（4）电机通风不良或受日光暴晒。	①检查电机风扇是否损坏或未固紧； ②清除阻塞风道的物件； ③隔离电机近傍的高温热源； ④在露天的电机要搭个简单凉棚。
	（5）鼠笼转子断条或绕线式转子绕组接线松脱。	①鼠笼转子断条，详见第七节转子断条处理； ②检查出松脱处，重新焊牢或螺栓固紧。
	（6）正反转频繁起动过多。	减少正反转起动次数，或换装适应正反转起动的电机，如JZ型冶金起重用电机。
	（7）定转子相擦。	①如系轴承松动，须换新轴承； ②校正转轴中心线； ③锉去凸起相擦的部分。

（续）

故障	原因	处理方法
（一）电机发热超过标准或电机冒温升烟	（8）定子绕组有小范围短路，或定子绕组有局部接地。	①拆开电机，目视、手摸、鼻嗅，有无焦臭味，比较温度，找出短路部分，暂时分开短路部分或跳接； ②用检验灯或万用表查出接地处，垫好绝缘，刷绝缘漆烘干。
（二）电动机有嗡嗡声，不能起动	（1）拖动机械设备被卡住。	检查设备，排除故障。
	（2）电源未全部接通。	①电源保险丝熔断一相，修复后再行起动； ②接线柱螺丝松动，应固紧； ③电源线有一相断线或假接，用万用表查出修复； ④接头有油污或氧化物，应刮净后再接好。
	（3）电压太低。	①应是△形接的电机，接成Y形带负载起不动，应改接成△形，或在起动时减轻负载； ②如果电源线压降大，应改粗电源线； ③如果是电源电压过低，应与供电部门协商解决。
	（4）黄油太硬，小电机不能起动。	此类故障，易在严冬时发生，可拆开轴承盖，加入少量机油。
	（5）定子或转子绕组断路。	①查明绕组断线处修复； ②绕线转子回路中检查电刷和滑环是否接触良好； ③检查起动电阻是否断路或电阻过大。
	（6）槽配合不当（易发生在改极后的电机）。	①将转子外圆适当车小； ②选择适当定子线圈跨距； ③换新转子，槽数配合参考“改极计算”。
	（7）绕组出线首末端接反或绕组内部接反。	①将定子绕组通直流电，用指南针检查极性（见第三节）； ②判断绕组首末端是否正确（见第三节）；

（续）

故障	原因	处理方法
（三）合上开关后烧断保险丝	（1）单相起动。	见上述（二）（2）条处理办法。
	（2）开关和定子之间接线有短路。	拆开电机接线头，检查导线的绝缘性能，包好损坏部分。
	（3）定子、转子绕组接地或短路。	参考（一）（8）条处理办法。
	（4）机组卡住或负载过大。	①转动转子，检查卡住原因，排除故障； ②用钳型电流表，检查电流，如过大，适当减轻起动负载。
	（5）保险丝过细。	保险丝对电动机过载不起保护作用，一般应按下式选择： 保险丝额定电流＝（2.5～3.5）×电机额定电流。
	（6）绕线式电动机转子中的起动电阻太小或被短路。	消除短路故障，增大起动电阻。
（四）电机起动困难，加上负载后转速立即下降	（1）应接成△形者误接成Y形。	照名牌规定接好。
	（2）电源电压低。	见（二）（3）条处理办法。
	（3）转子鼠笼条松动或断开。	拆开电动机检修鼠笼条（见第七节）。
	（4）定子或转子绕组有局部线圈接错。	拆开电机，检查绕组极性，改正错接部分（见第三节）。
	（5）绕线式转子回路中电刷或变阻器接触不良。	检查接触部分的联接情况，减少接触电阻。

（续）

故障	原因	处理方法
（五）电机空载运行三相电流不平衡，且相差很大	（1）定子绕组首末端接反。	查明接错的首末端，改接后再起动。
	（2）电源电压不平衡。	测量电源电压，消除不平衡故障。
	（3）定子绕组部分线圈接反。	拆开电机，检查极性，改正错接部分。
	（4）重绕定子后，三相匝数不相等。	重绕定子绕组。
（六）电机空载电流偏大	（1）定子Y形误接成△形。	照名牌规定改接。
	（2）电机装配不当。	①用手试转电机，如转子不灵活，可能是端盖螺丝未平衡上紧，可放松螺丝后再试转； ②转子轴向位置不合定子位置，应将转子压到需要位置。
	（3）电源电压过高。	测量电源电压，与供电部门协商解决。
	（4）电机气隙过大。	拆开电机，检查定转子尺寸，如确系过大，则电机应减轻负载使用。
	（5）修理电机时定子匝数未绕足。	重绕定子绕组，增加匝数。
（七）机壳带电	（1）引出线接头绝缘损坏接地。	检查引出线接头损坏部位，包好绝缘。
	（2）线圈端伸碰机壳。	端盖卸下后，接地现象即消除，检查绕组凸出部位，刷漆并垫上绝缘纸再装端盖。

（续）

故障	原因	处理方法
（七）机壳带电	（3）线圈槽口绝缘损坏。	细心扳动绕组端接部分，找出绝缘损坏处，然后垫上绝缘纸，并涂漆。
	（4）嵌线时，损坏槽绝缘或槽中有铁屑杂物引起接地。	拆开线圈接头，找出损坏接地的线圈，进行局部修补。
	（5）机壳没有可靠接地。	按上面几个方法排除故障后，将电机外壳可靠接地。
（八）绝缘电阻下降	（1）绕组受潮或雨水滴入机内。	进行干燥处理（见第六节）。
	（2）绕组沾有灰屑油污。	将绕组清理干净后，进行浸漆处理。
	（3）引出线或接线柱绝缘油污或老化。	拆开接线头检查故障之处，清除油污，重包绝缘。
	（4）电机绝缘老化。	7瓩以下电机，可重新浸漆处理；重换绕组。
（九）轴承发热比机壳温度高	（1）轴承或端盖未装正。	转动转子或拆下端盖检查轴承，找出故障后装正。
	（2）轴承油干涩。	清洗后加新油。
	（3）润滑脂太多。	温升高，同时有油挤出现象，拆开轴承盖检查油量，一般只装到轴承室容积的1/3～1/2。
	（4）脂内有灰砂杂质等物。	检查油内有无杂质，换洁净润滑脂。

（续）

故障	原因	处理方法
（九）轴承发热比机壳温度高	（5）端盖机座不同心。	转起来很紧，应检查不同心情况，调换端盖。或将止口车大，对正同心度后用销钉定位。
	（6）皮带张力太紧或联轴器装配不正。	转动转子，放松皮带或拆掉联轴器螺丝后，比较运转灵活情况，找出故障原因改正之。
	（7）轴承损坏。	换装同型号轴承。
（十）电刷冒火花和滑环烧坏	（1）电刷磨得不好。	用细砂纸磨滑环上的电刷。
	（2）电刷在刷握中不能自由校动，因此电刷与滑环接触不良。	磨琢电刷，使电刷在刷握内能自由上下校动，但不偏摆为适宜。
	（3）滑环和电刷被油脂灰屑沾污，引起导电不良。	清除污物，并且用干净的布沾汽油擦净滑环和电刷，清除轴承漏油影响。
	（4）滑环不平或不圆。	把滑环磨光或车圆（见第八节）。
	（5）电刷压力不够。	按规定调整电刷压力。
	（6）电刷数目不够或截面过小。	增加电刷数目或装置大截面的电刷，选择适当的电流密度。
	（7）电刷的材料不适合。	采用制造厂规定的电刷，或按有关资料选择牌号相符的电刷。
	（8）由于刷握和引线回路的接点不好，以及电刷所受压力不同，或采用了不同牌号电刷，所以在各刷之间电流分配不均匀。	检查并修好所有联杆、支架、引线、刷握及电刷的接点。根据采用的电刷牌号，校准电刷的压力，每台电机只采用一种牌号的电刷。如果一台电机中不能采用一样的电刷时，则适当分配电刷，使每个环上装置的电刷为一种牌号。

第四章　异步电机定子绕组的全部拆换

伟大领袖毛主席教导我们："**按照实际情况决定工作方针**"。上章我们曾讨论过绕组的局部检修方法。现在电机绝缘处理，普遍采用醇酸树脂漆、环氧树脂漆或水乳漆，这几种漆的粘着性很强，将绕组（特别是小型电机的散装绕组）粘结成牢固的整体，使局部检修工作比较困难。因此，如果绕组损坏的部分较多，或绕组绝缘已经老化，就须考虑全部拆换绕组。

在拆换绕组之前，首先应查明电机的损坏情况，并向用户调查使用经历，然后分析损坏原因，订出改进措施。对于用户反映经常损坏的电机，更应仔细研究，必要时须经过核算调整绕组数据（参考第五章），以便改进电机的工作性能，提高其运行可靠性和使用寿命。

本章内容，着重介绍小型电动机的散装绕组的全部拆换工艺，对中大型电机的成型绕组和绕线式转子绕组的拆换仅作简要介绍。

第一节　旧绕组的拆除

在拆除旧绕组的时候，应详细作好记录，并应考虑拆除方法。

一、记录名牌及原电磁数据

为了使绕组拆换工作顺利进行，在拆除旧绕组时，应记录表4—1中所列的各项数据，以便作为准备线模，选用线规，绕线嵌装和验算绕组时的参考。记录内容说明如下。

(一)名牌数据：它简要地说明了电动机的规范，制造厂名和日期。不仅可供验算绕组时作参考；而且遇有疑难问题及需要有关资料或某些配件时可请制造厂协助解决。

(二)铁心数据：其中定子铁芯总长，是包括所有通风槽在内的长度。有效长度是减去通风槽后的长度，或没有通风槽的实际长度。槽形尺寸要在线圈拆出以后才能测量，可用一张较厚的白纸，按在定子槽口上，然后用手指在纸上向槽口按一下，白纸上即有槽形痕迹，再用绘图分规逐项测出槽形尺寸，如图4—1所示。

(三)绕组数据：在拆除绕组前，首先应记下绕组端部伸出长度L_A，如图4—2所示。查明绕组型式，联接方法，绘出接线图(参考第二章)。在拆卸时，应注意保存几个比较完整的线圈，以便测量线圈尺寸。如图4—3(a)、(b)、(c) 和 (d) 是四种常用线圈型式。记录每槽导体数和导体并绕根数。当每极每相槽数是分数槽时，要记下每一单元中大小极相组的排列顺序，必要时，须排出各相的槽号表(参考第二章第六节)。

在准备拆除旧绕组时，先将引出线及联接线拆下，保存以便利用，然后进行旧绕组拆除。

表4—1　　三相异步电动机修理记录表

（1）名牌数据

型号____　功率____瓩　转速____转/分　电压____伏　电流____安

接法____　频率____赫　绝缘等级____　运行方式____　转子电压____伏

转子电流____安　出品编号____　制造厂____　制造日期____

（2）铁芯数据

定子铁芯外径____毫米

定子铁芯内径____毫米

空　气　隙____毫米

定子铁芯总长度____毫米

通　风　槽　数____

定子铁芯有效长度____毫米

槽　　数____

槽形尺寸（参考图4—1）

（3）绕组数据

绕组型式____

并联路数____

导线牌号____

导线规格____

每槽导体数____

线圈匝数____

线圈节距____

线圈端部伸出铁芯长度（参考图4—2）

线圈尺寸（参考图4—3）

图示

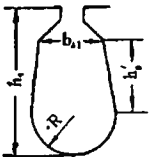


图 4—1　槽形尺寸

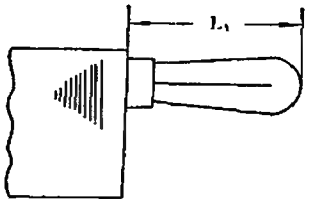
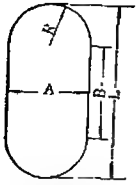
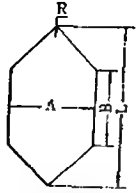


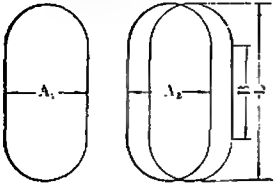
图 4—2　绕组端伸



(a)单层链式



(c)双层菱形



(b)单层交叉链式　　(d)同心式

图 4—3　线圈尺寸

二、旧绕组拆除方法

以前拆除散装绕组，常采用冷拆的方法，即将线圈的一端割断，从另一端将导线拉出。由于现在所用的绝缘漆的粘结性很强，这种方法已不适宜，现在一般是先将绝缘软化或烧掉，

然后取出线圈。有的修理单位，用废机油淋在绕组上，点火烧去绝缘，这种方法不易控制温度，容易烧坏硅钢片的绝缘，甚至使铁芯或机座受高温变形，影响电机性能，因此不宜采用。下面介绍几种软化绕组绝缘的方法。

(一)通电加热法：

(1)如果是380伏、△形接法的小型电动机，可将它改成Y形接法，然后接在380伏的电源上，进行加热。

(2)若有足够容量的三相调压器，可将电动机接在调压器上，通入约50%的额定电压，进行加热。

(3)若只有单相电源，可将电动机接成开口三角形（见图4—4），然后接入单相交流电源，进行加热。

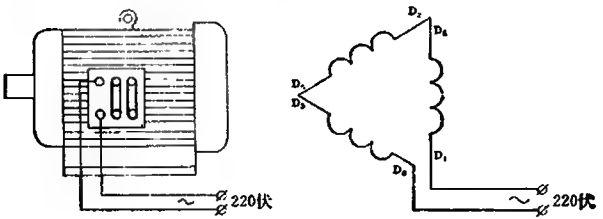


图4—4　用单相电源加热

(4)用3—10千伏安/12—16伏的变压器，或用电焊机对一组或一个线圈加热，一边加热，一边拆除，这种方法拆除成型绕组最适宜；

通电加热法，温度容易控制，操作简便，但须要有足够容量的电源设备，并须注意安全。若绕组中有断路或短路线圈时，

则局部加热不均匀，可改用溶剂使绝缘软化。

（二）溶剂法：

（1）若是小型电动机，可将其放在装有甲苯的容器内，浸24小时左右，使绕组绝缘软化，取出后，即可拆线。密封容器装的甲苯可用3—6个月。这种方法对绕组局部修理较为方便。

（2）拆除0.5瓩以下的微电机绕组时（如油泵电机，手电钻等），可用下列成份溶剂浸泡。即：丙酮40%，酒精25%，甲苯35%，将这些溶剂按重量比例混合，把电机浸入55℃的溶液内泡5分钟后，便可取出拆线。

（3）如因浸泡所用的溶剂过多，不经济，可改用溶剂刷浸。这种溶剂成分为：丙酮50%，甲苯45%，石腊5%。先将石腊加热熔化，移开热源后，加入甲苯，再加丙酮，搅拌均匀，把电机立放在有盖的铁盘内，将溶剂用毛刷刷在绕组的两边端部和槽口，然后加盖防止挥发太快，经1—2小时后，即可取出拆线。

使用溶剂时，应注意防火。并应注意通风良好，防止苯中毒。

绕组绝缘软化后，随即打出槽楔，在查清绕组的并联路数和联接方法后，对双层绕组和链式绕组，先翻起一部分线圈边（相当于吊把线圈），然后逐个拆出线圈，对同心式绕组，先拆出外层线圈，再拆内层线圈。不论拆那一种线圈，都应拆出几个比较完整的线圈。作为做绕线模的样板。在拆除线圈的过程中，注意不要损坏铁芯，并秤好全部旧线圈的重量。

线圈全部拆出以后，应将槽内绝缘和残留杂物清除干净，若铁芯有损坏和不整齐之处，应随即修整。

第二节　线圈绕制

绕制线圈要求：匝数准确，尺寸适合，绝缘良好，排列整齐。而要达到这些要求，应注意以下几个问题。

一、线模准备

线圈要在线模上绕制。线模尺寸必须大小适当。如尺寸太短，则端部长度不足，嵌线困难，容易损伤绝缘，甚至嵌不进槽；如尺寸过长，则浪费导线，使绕组电阻和端部电抗增大，影响电机性能，而且绕组端部增长影响通风风道，甚至与端盖相碰，影响电机装配。所以线模必须认真制作。线模尺寸可以直接从旧线圈测得。如果没有旧线圈，或认为旧线圈尺寸不适宜时，可按第五章第六节所述线模计算公式求得。

如果是单层交叉链式和同心式绕组，如图 4 — 3 (b)(d)所示，每相有几种不同尺寸的线圈，则要做几块不同尺寸的模心。图 4 — 5 所示的线模适用于双层菱形线圈，模心厚度可按经验公式(4 — 1)求得，即：

模心厚度 = $(\sqrt{\text{线圈匝数}} + 1.5) \times$ 导线绝缘后外径(毫米)。

……(4 — 1)

用此公式算出的模心厚度，是考虑绕成的线圈近似方形排列。

如图 4 — 5 所示，模心做成后，应在其轴心处倾斜锯开，半块固定在上夹板上，另半块固定在下夹板上，以便于脱模。

一般修理单位对常用的电机都做出一个极相组的线模。同时绕出一个极相组的线圈，以省去组内线圈间的焊接。若单台

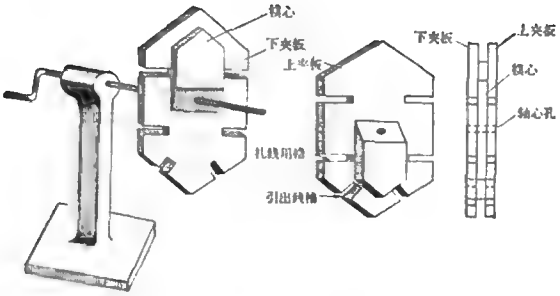


图 4 — 5　手摇绕线架

修理，可只做一个模心，绕完一个线圈后扎牢卸下，固定在夹板外侧，继续绕第二个线圈，绕完一组，留出适当长度的组间联接线后，再剪断线头。

绕线模一般用干燥的硬木制作，以防止变形开裂。大量长期生产用的，可用层压板或铝合金制作。在电机修理车间一般应备有常用电动机的绕线模。

电动机种类繁多，在拆换绕组时，要为每一种电动机制备绕线模，不但费工费料，而且影响修理进度。实践出真知，工人同志经过长期实践，创造出了各种各样的万能绕线模。图 4 — 6 为其中的一种。4 个线轮架装在滑块上，转动左右纹螺杆 2 时，滑块在滑轨中移动，调整线轮横向距离使相当于线圈的宽度；转动左右纹螺杆 1 时，滑轨在底盘上移动，调整线轮纵向距离使相当于线圈的直线部分长度；另外有两个菱端线轮直接装在滑轨上，可根据线圈端伸长度调整菱端线轮位置。将底盘安装在绕线机上，进行绕线。绕好扎好一组线圈后，转动螺

杆1缩短滑轨距，取下线圈。

这种绕线模，只要备有大小不同的一两套，就可以绕制一般电动机的线圈。

二、绕线

绕线模装置在绕线机的主轴上，修理量少，可用如图4—5的手摇绕线架，修理量多，应用电动绕线机。图4—7是一台结构较简单的电动绕线机。由电动机带动蜗杆，再转

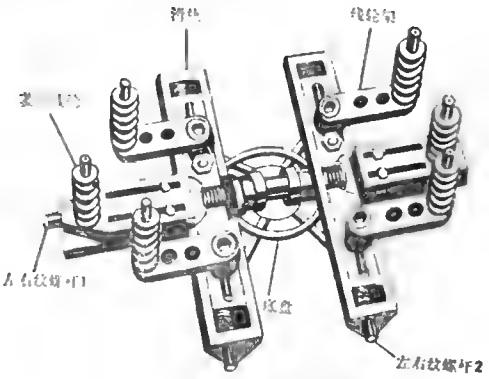


图4—6　万能绕线模

动蜗轮，带动主轴而使机头转动，机头的开动与停止通过脚踏电钮来控制。这种绕线机的缺点是电动机频繁起动，容易损坏，并且蜗杆传动效率较低。如用摩擦离合器和齿轮来传动，就可弥补上述缺点。但结构较复杂。

在绕线前，应注意检查电磁线的尺寸和质量，例如导线直径，耐压强度，机械强度，耐温等级等。如设备条件限制，也应进行下列各项检查：

（1）漆包线表面应光滑清洁，不应有气泡和杂质。纱包线的纱层不应有断头和脱落现象。

（2）检查线径及绝缘厚度，可在明火上烧去绝缘层，用分厘卡测定线径和绝缘厚度是否符合要求；常用电磁线品种、尺寸及绝缘厚度可从附录28、29、30、31中查到。常用圆线公差如表4—2所示。

导线直径过细，超出表上数值，将使绕组电阻增大，如超过5%以上，就会影响电机电气性能。导线绝缘厚度超过规定值，将使槽满率增高，嵌线困难。此外还要检查绝缘导线的软硬程度，如果太硬，难于嵌线。

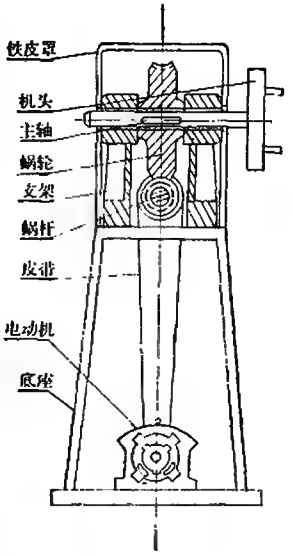


图4—7　电动绕线机

表4—2　常用圆线公差（单位：毫米）

圆线直径	Φ0.27—0.69	Φ0.72—1.0	Φ1.04—1.62
公差	±0.01	±0.015	+0.02

绕线时导线不宜弯曲，以免发硬，同时弯曲还会使嵌线困难，易造成匝间短路。图4—8是一般的放线装置。在绕线机和放线架之间，用夹线板把导线夹紧。使导线通过夹线板拉到适当的紧度，保证绕线时有一定的拉力，使导线在线模上排列整齐。一般夹板垫以用石蜡浸过的毛毡。以免损坏绝缘。导线

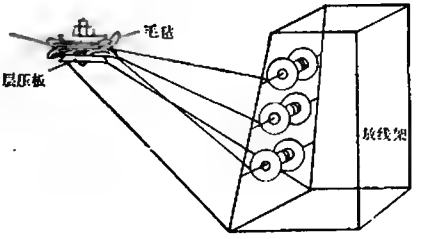


图 4 — 8　放线装置

夹板可用硬纸板或层压板制成。

如果导线是成圈的，应预先绕在线盘上，绕线时将线盘心轴横放在放线架上。如线径小于φ0.5则宜用立式拉出放线法较好，如图 4 — 9 所示，这种方法，因线盘旋转惯性少，导线不易拉乱。

绕制铝线时，应注意导线拉力，因为铝线机械强度较低。根据实践经验，认为拉力应控制在1.5～ 2 公斤/毫米^{2}左右为宜。绕线机速度在150～200转/ 分以下较适当。一般导线因拉力拉细不得超过 0.005毫米，因为导线拉细，不但影响绕组电阻，而且还会影响绝缘受损，降低线圈匝间耐压强度。

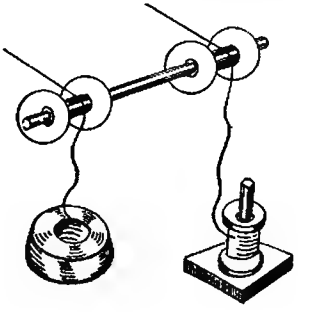


图 4 — 9　立式放线法

绕线的起头一般挂在右手边，从右边向左边绕，如图 4 — 10所示。同心式线圈从小线圈绕

起。线圈的始端要留出适当长度，做极相组间连线用。导线在线模上应排列整齐，不得交叉混乱。绕到规定匝数，然后按需要留出连接长度，剪断导线，扎好取下。绕线时，如果绝缘损坏，须用同级绝缘材料修整；如果中途断线，应在线圈端部斜边位置接头，并用锡焊好包上绝缘，不能接在线圈直线部分或鼻端附近。多根并绕线圈接头要注意错开，不能同时接在一起。每相的线圈连绕时，极相组间绝缘套管应预先套好。

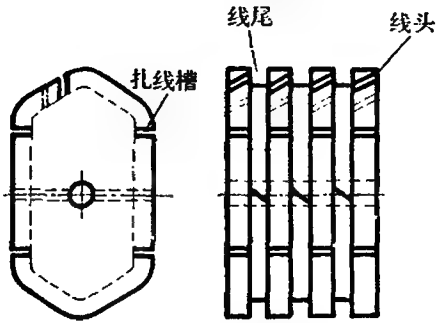


图 4—10　菱形线模

绕线机一般都备有计数器，在绕线过程中，应随时注意计数器的灵敏可靠性，以保证线圈匝数准确。

第三节　绕　组　嵌　装

绕组嵌装包括把线圈嵌放到铁芯槽内，并将线圈的引出线头彼此相连成为三相绕组，以及整理和扎牢绕组的端部等工作。现以应用最普遍的双层菱形绕组为例，其嵌装工艺过程如表 4—3 所示。

表4—3　　双层散装绕组嵌装工艺过程

序号	工艺过程	设备及工具
1	准备工作： （1）清理铁芯； （2）垫放槽绝缘； （3）整理线圈。	工作台。
2	嵌第一节距线圈下层边： 以机座出线孔为准，确定第一槽位后，逐槽嵌入下层边，将上层边用纸垫好。	理线板，压线板，手锤等嵌线工具。
3	嵌一般线圈： 嵌好下层边，垫好层间绝缘，将上层边嵌入节距相应的槽内，覆好槽绝缘，打入槽楔，垫好端部绝缘。	同上
4	嵌最后一节距线圈： 将第一节距线圈的上层边吊起，嵌入最后一节距线圈的下层边，然后逐个放下第一节距的上层边，并嵌入相应槽中，覆好槽绝缘，打入槽楔，垫好端部绝缘。	同上
5	端部整形： 将端伸喇叭口压到一定尺寸，剪去突出绝缘纸。	木榔头，硬木条，（涨形胎）剪刀。
6	检查试验： 检查端伸尺寸，槽楔松紧及绝缘有无损伤。进行相间及对地耐压试验。	摇表，试验变压器等。
7	极相间接线及引出线： 将同相绕组按规定连接，焊好，包绝缘及扎牢。	锡焊工具。
8	检查试验： 检查接线及焊接是否良好，测三相电阻，作耐压试验及三相电流平衡试验。	电桥，试验变压器等。
9	绝缘处理。	见第四节说明。
10	检查试验： 检查绝缘处理质量是否良好，测量绝缘电阻，作耐压试验。	试验变压器，电流表，电压表等试验设备。

嵌装有关问题分述如下。

一、绕组绝缘

绕组绝缘是决定电机质量和成本的一个重要因素，因此合理选用绕组的绝缘材料、结构形式和处理工艺，极为重要。

(一)常用绝缘材料

对绝缘材料要求：耐压强度高，绝缘电阻大，介质损耗小，吸湿性小，耐热导热性好，热容量大，并且对酸、碱、油等不

表4—4　常用绝缘材料耐温等级表

分类	耐热极限温度(℃)	绝缘材料	常用电磁线
A	105	经过浸漆处理的棉纱、木、纸等有机材料。如层压板、纸板、黄蜡布。	单纱油性漆包线，双纱包线，纸包线等(油性漆包线，不宜单独做电机绕组用)。
E	120	在A级材料上复合或垫衬一层耐热有机漆膜。如聚脂薄膜青壳纸复合绝缘，聚脂薄膜玻璃丝布复合绝缘等。	高强度聚脂漆包线(QZ)。高强度聚乙烯缩醛漆包线(QQ)。
B	130	用云母、石棉、玻璃纤维等无机材料为基，以A级材料补强，用有机漆胶合成的。如云母纸板，醇酸树脂玻璃漆布，石棉纸等。	高强度聚脂漆包线(QZ)，双玻璃丝包线。
F	150	与B级材料同，但使用耐热硅有机漆胶合而成，如硅有机玻璃漆布等。	聚酰酸漆包线，硅有机漆浸渍的双玻璃丝包线等。
H	175	与B级材料同，但没有A级材料补强。	硅有机漆浸渍的双玻璃丝包线。

起作用。绝缘材料按耐热性分级。各级的极限温度，表示这级绝缘材料能在这个温度下具有适当的使用寿命。一般电机的温升标准，以保证最热点的绝缘不致超过极限温度为原则。表4—4是各级绝缘材料的极限温度和常用的材料品种。

在小型电机中，一般使用的绝缘材料有：青壳纸，聚脂薄膜，聚脂薄膜复合青壳纸，玻璃丝漆布，玻璃丝云母纸等。

(二)绝缘结构

小型电机绕组绝缘结构比较简单。它分为槽绝缘(对铁芯绝缘)，层间绝缘(单层绕组没有)和端部相间绝缘。绝缘规范很多，各制造厂因工艺不同而有所改变。目前小型电机常用的E级绝缘结构如下：

槽绝缘如表4—5所示。6*机座以上的一般有三层，外层主要作用在于保护主绝缘层，不受槽壁凸凹不平处及槽口边棱损伤，一般采用青壳纸。中层为主要绝缘，电机的耐热等级主要由这层绝缘决定。A级绝缘一般用黄蜡布，E级绝缘用聚脂薄膜或玻璃漆布；B级绝缘用云母纸或玻璃丝漆布；F级用玻璃丝云母纸(玻璃丝云母纸也可做外层机械保护用)。内层的作用，为保护主绝缘在嵌线时不受损伤，聚脂薄膜的机械强度较好，一般可以不加内层绝缘纸。

一般槽绝缘将中层和内层折转，以增加槽口绝缘的机械强度，并防止绝缘梭动，便于嵌线。槽绝缘两端应剪角，使槽楔(一般每端比槽绝缘短1.5～4毫米)压上后不致有角突出在外，以免电机运行时被风力吹动发生响声。

双层绕组的层间绝缘与槽绝缘相似。一般E级采用聚脂薄

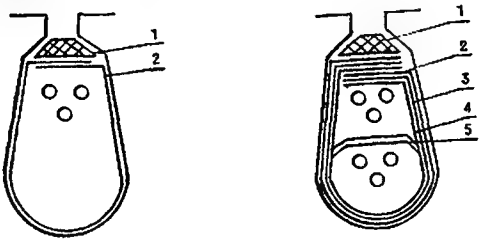
膜青壳纸。每边伸出铁芯20～30毫米。

端部相间绝缘有两种结构。一般小型电机在相间垫入三角

表4—5　　E 级 槽 绝 缘 结 构

序号	绝缘件名称	材料	1-5号机座 厚度(毫米)	1-5号机座 层数	6-9号机座 厚度(毫米)	6-9号机座 层数	备注
1	槽楔	竹楔（经变压器油处理）		1		1	1—5号机座每边伸出铁芯6毫米 6—9号机座每边伸出铁芯8-12毫米
2	槽绝缘	聚脂薄膜青壳纸（或聚脂薄膜黄玻璃漆布）	0.22	1	0.27	1	1—5号机座每边伸出铁芯7.5毫米，另向铁芯折转4毫米 6—9号机座每边伸出铁芯10—16毫米，项4折转包住项2.3伸入槽内5毫米
3		黄玻璃漆布			0.15	1	
4		聚脂薄膜			0.05	1	
5	层间绝缘	聚脂薄膜青壳纸（或聚脂薄膜玻璃漆布）			0.27	1	每边伸出铁芯20—30毫米（上限用于二极电机）

示意图



(a)单层绕组　　(b)双层绕组

图4—11

纸，材料及厚度与槽绝缘相似；较大的电机则每极相组的始末两个线圈(称相边线圈)半叠包一层玻璃丝漆布带，外面再包一层保护带(白纱带或玻璃丝带)。无论垫三角纸或包绝缘带，均应使相间绝缘与层间绝缘重叠一定长度，并与槽绝缘紧密相接，以免从空隙处发生相间高压击穿事故。

(三)槽绝缘尺寸的确定

(1)槽绝缘两端伸出的长度根据电机的容量大小而定。太短绕组对铁芯的绝缘距离(漏电距离)不够；太长相应的要增加线圈直线部分长度。一般可参考表4—5所述数据。

(2)槽绝缘宽度：使主绝缘放置在槽口下，不宜高出槽口，以免槽口绝缘层数过多，影响嵌线。但主绝缘也不宜太窄，否则不能包住导线。主绝缘宽度一般以放到槽口下转角处为宜，如图4—12所示。亦可根据槽形尺寸估计，即：

主绝缘宽度$\approx \pi R + 2H$(见图4—12)

引槽纸的宽度≈主绝缘宽度＋20～30毫米

(3)裁剪绝缘时注意事项：

①黄蜡布或玻璃漆布应与纤维方向成45°角裁剪，使它作槽绝缘时，不易在底部裂开；

②电工绝缘纸板的纤维方向(即压延方向)应该作槽绝缘和层间绝缘的宽度方向。

此外，裁剪绝缘的场所应保持清洁干燥，不可使绝缘受潮变形。

(四)槽楔的制备

槽楔是用来压住槽内导线，防止绝缘和导线松动。修理电

机时，如原有槽楔破损或老化变质时，须另制新槽楔。小型电机用竹制，中型电机用胶木板或玻璃布层压板加工。胶木楔的电气绝缘和机械强度均比竹楔好，但成本亦较高。

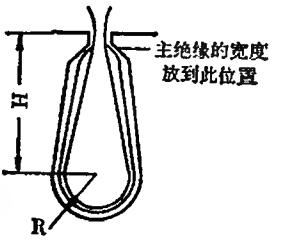


图4—12　槽绝缘宽度

槽楔长度一般比槽绝缘短2—3毫米。槽楔断面形状一般为梯形。尺寸和形状是否恰当，会影响嵌线进度和质量。一般可在空槽里试行推动，以能顺利推入而松紧适宜为准。槽楔厚度，小型电机一般约3毫米左右。两端棱角须去掉，同槽绝缘相接触的表面须光滑，以免插入时损伤绝缘。

竹楔需用量少时，可用手工削制，数量大时，可用模具或专用竹楔成型机加工，图4—13表示竹楔用模削成型的情况。胶木楔可在普通铇床或铣床上加工。

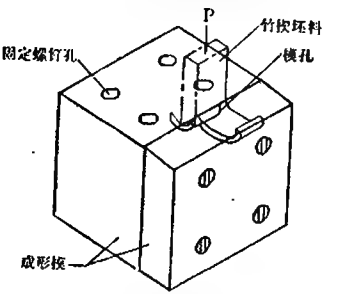


图4—13　竹楔模削成形

竹楔加工成型后，须用变压器油处理，增加防潮性能。一般系将竹楔装于铁丝笼中，放入变压器油锅内加热泡煮，加热温度约130°～150℃，煮30分钟左右，即可取出晾干使用。

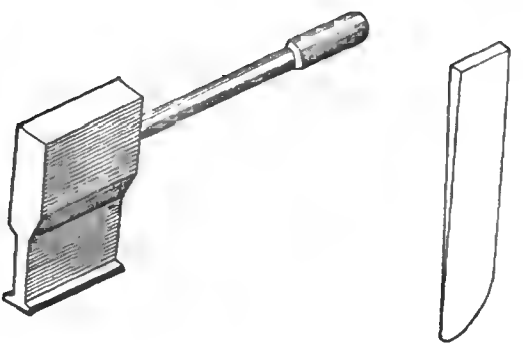
二、嵌　线

嵌线就是把线圈安放到铁芯槽内。对小型电机的散装绕组

来说，嵌线是影响修理质量的最重要的一道工序。这种工作一般都是手工操作，工作者不但应了解施工过程及操作要领，而且要反复多练，才能达到熟能生巧，运用自如，将线圈嵌得又快又好。

(一)嵌线前的准备工作

嵌线前应做好工具、材料等准备工作。一般小型电机嵌线工具主要有：压线板、理线板、剪刀、尖嘴钳、手锤等。压线板用优质钢制成(见图4—14(a))它是用来压紧导线和折复槽绝缘的，根据电机槽形尺寸不同，应多备几把。一般压脚宽度为槽上部宽度减去0.6～0.7毫米。压线板须光滑，无尖锐棱角，以免使用时损伤绝缘。理线板用竹、木、胶木或硬纸板制成(见图4—14(b))其头部须磨得光滑而且厚薄适宜，使能插入2/3槽



(a)压线板　　(b)理线板

图4—14　嵌线工具

深处。它是用来理清槽内导线，纠正交叉情况的。手锤是嵌线时敲打压线板、线圈和槽楔用的。锤头有木质、橡皮、铜质和钢质的几种，约一磅重。木质和橡皮锤可直接用于敲打线圈，铜和钢质的锤敲打线圈时应垫以木条，以免损伤绝缘。

嵌线过程中用的端部相间绝缘、层间绝缘和槽楔应按前述要求准备。周围环境及工作者双手都要清洁，防止铁屑、油污、灰尘等沾在绝缘材料和导线上。铁芯清理干净后，按规定垫好槽绝缘。并应明确了解电机极数，线圈节距、出线方向、并联路数、绕组排列、端部尺寸以及其他有关技术要求，以免工作发生差错。

(二)嵌线步骤

双层绕组嵌线步骤如下：

(1)整理线圈，将线圈直线部分擦以石蜡，以减少导线磨擦和便于嵌放。然后以机座出线口为准，确定第一槽，提起第一只线圈，将下层边扎线移至直线部分转角处，用右手大拇指和食指捏到该处；用左手捏在上层边，乘势将线圈翻扭一个角度(约100度)，使上层边外侧导线扭在上面，下层边外侧导线扭在下面(见图4—15)。在翻扭线圈边的同时，将下层边尽量捏成扁平的一排状态。然后顺手从右侧放进第一槽槽口，左手在定子的另一端接住，尽可能地将下层边一次拉入槽内。必要时，用理线板整齐地划入槽内。

(2)嵌第一个节距线圈时，如图4—16（$y=8$），从第9槽开始嵌入下层边，由于第1至8槽的上层边还不能嵌入，因此应把上层边推到节距宽度处，下垫以纸，放在铁芯上。等到嵌完

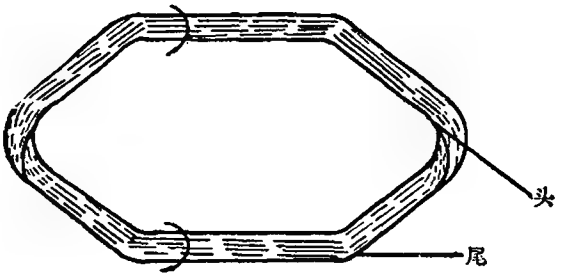


图4—15　翻扭线圈

一个节距的下层边，即嵌到第17槽的下层边，才可以将其第 9 槽的上层边嵌入。从第一个下层边嵌入后开始，就应将每个线圈端部按成喇叭口，以便于嵌放次一线圈。

(3)嵌每组线圈的第二只线圈及以后线圈时，先将线圈过桥线放入槽内，再把下层线圈一次拉入槽内（过桥线布置在线圈内侧）。每嵌完一组下层边时，即将层间绝缘纸曲成半圆形插入槽内，盖住下层边，应注意不能有个别导线露在层间绝缘纸上面，以免造成相间击穿事故。

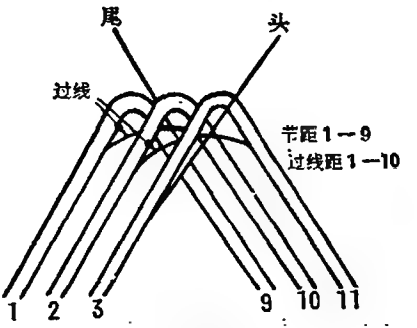


图4—16　布置过桥线

(4)下层边嵌入槽内垫好层间绝缘后，即准备将线圈上层边

嵌入相隔一节距的相应槽内。先用手锤及压线板敲紧相应槽内的下层边及层间绝缘，将上层边推至相应槽口，理清导线，左手大拇指和食指尽量将导线捏扁，右手大拇指和食指不断将导线送入槽内，如线槽紧张或导线有交义情况，可用理线板理清引入槽内。再用压线板将导线压实，注意不可猛撬。以免损伤导线绝缘。导线压实后，用压线板折复槽绝缘（须重叠2毫米），随即打好槽楔。

(5)当嵌好第一只线圈上层边并打入第一根槽楔时，垫入两端相间绝缘。相间绝缘应塞到槽绝缘相接处，并从上面压住层间绝缘垫条。

(6)嵌到最后一节距线圈时，应将第一个节距线圈的上层边吊起（其高度以不影响最后一只线圈嵌入为准），嵌入最后一节距线圈的下层边，然后再把第一个节距线圈的上层边逐一放下，嵌入相应的槽中。折复槽绝缘，打入槽楔。

(7)端部整形。线圈全部嵌好后，将绕组外形，端部排列以及各部分绝缘仔细检查一遍，如有不合要求，或有损坏之处，随即修整。然后用手锤垫上木块，轻轻敲打绕组端部，使绕组两端喇叭口形状圆整。喇叭口直径要大小适当，过小会影响通风散热，甚至转子放不进去；但是喇叭口也不宜过大，以免端部距机壳太近，影响绕组对地绝缘。

最后修剪相间绝缘使同端部轮廓相适应。相间绝缘应高出绕组约2—3毫米。

(8)绕组端部包扎。对容量较大和端部较长的电机（例如9号机座二极电机），为了避免电机在起动时受电动力的作用而损

坏绝缘，应在每个线圈鼻端都包以玻璃丝带，所包长度约为端接部分全长的三分之一（见图4—17）。包鼻端时，应注意引出线，不得包在鼻子顶端，必须离开鼻端约10～15毫米。

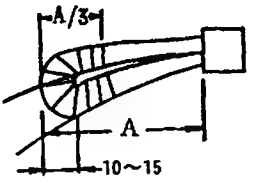


图4—17　绕组端部包扎

(9)连绕线圈的嵌放：每相的线圈连绕一起，只有二个引线头，嵌放时，须将偶数极相组反嵌，才符合绕组极性要求。

三、接　线

正确的接线是保证电机正常工作的必要条件。线圈以及极相组间的接线，除了符合绕组联接原则以外(见第二章)，还应考虑接线工艺问题，现分述如下：

(一)弄清并联路数，接法及出线方向，确定出线位置，整理好各极相组的引出线，留出所需的引线长度，余者剪去；

(二)配置套管。套管一般用玻璃丝黄蜡管，大小长度视引线具体情况而定。注意不要用聚氯乙烯套管，这种套管耐热性差，而电机绕组绝缘处理时，温度较高，容易使套管损坏，引起短路故障。

(三)线头的刮净。待焊部分不但要将绝缘层去除，还应将表面氧化物和油污刮干净，对某些线头，尚须预先搪锡。

圆导线线头待焊部分可用图4—18的夹子来刮除。夹子可用旧锯条制成，首

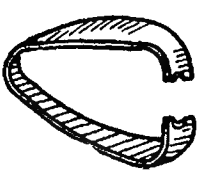
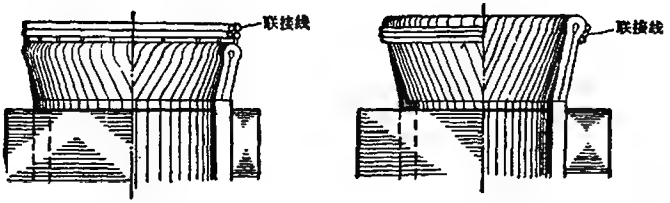


图4—18　刮线夹

先将其退火弯成图4—18的形状，然后将刀口部淬火。刮线头时，应不断转动方向，使线头四周都刮干净，但不应将导线金属刮去过多。

(四)端部联接线布置：各相联接线的相对位置应事先计划好，对小型电机的引线应从出线孔对面引过来，为了出线方便，一般常采用D_2、D_5反向接法(参考第二章图2—23)。联接线在焊接包好绝缘后，须用蜡线牢固地绑扎在绕组端部的顶上，如图4—19(a)所示。如果电机端部较长(例如二极电机)与端盖距离太近，而端部与机座距离较宽裕时，可将联接线布置在端部外侧面，如图4—19(b)所示。



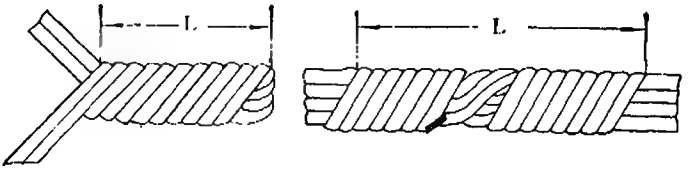
(a)联接线扎在顶部　　(b)联接线扎在外侧

图4—19　绕组联接线扎法

(五)线头联接。

小型电机圆导线接头，一般可参考下列方法联接。

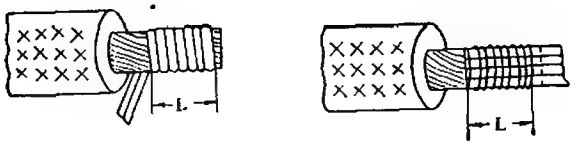
①联接线在3根并绕及3根以下者，采用绞接法，如图4—20(a)；联接线在4根并绕及以上者，采用对接法，如图4—20(b)。



(a)绞接法　　(b)对接法

图4—20圆导线联接

②接引出线电缆。引线并绕根数在3根及以下者，而电缆线规为19根/φ0.64及以下者用绞接法，如图4—21(a)；引线4根并绕及以上者，而电缆线规为49根/φ0.52及以上者用扎线法，如图4—21(b)。



(a)绞接法　　(b)扎线法

图4—21出线电缆联接

原引线电缆可以利用，新引线电缆一般应采用橡皮绝缘软铜线，截面大小根据电动机额定电流按表4—6选择。如果采用铝线，应适当加大截面(约为铜线的1.6倍)。引出线应备有出线标志。

表4—6　　引出线选择表

电流(安)	引出线截面积(毫米²)	电流(安)	引出线截面积(毫米²)
6以下	1.0	61—90	16
6—10	1.5	91—120	25
11—20	2.5	121—150	35
21—30	4.0	151—190	50
31—45	6.0	191—240	70
46—60	10	241—290	95

凡是小线头一律采用绞接法，如导线很粗，可采用扎线扎紧。扎线一般用 ϕ0.5～ϕ1.0 的裸导线。绞接和对接及扎线长度L视导线粗细而定，一般为15～45毫米。

四、线头焊接

导线联接如果仅是将线头互相绞合，则在长期高温作用下极易氧化，铜和铝的氧化物是不良导体，因而使该处电阻变大。当电流通过时，便发生高温，加速该处氧化过程，接触电阻愈加变大。如此恶性循环，很容易烧坏联接点，所以导线接头必须加焊，才能保证绕组长期可靠地工作。现将具体焊接方法介绍如下：

(一)铜线焊接：常用的有锡焊和气焊两种方法。

(1)锡焊：焊料用含锡量30～40%的锡铅合金，焊剂采用松香酒精溶液。松香酒精是去氧剂，将氧化铜还原为铜，并在

熔化后覆盖焊接处，防止氧化。绕组焊接严格禁止使用酸性焊剂，以免腐蚀绕组导线和绝缘。锡焊工具较简单，有以下几种：

①**烙铁焊**：常用烙铁有火烙铁和电烙铁。烙铁烧热后，在头上接触处先搪锡，烙铁不能烧得过热(一般呈猪肝色为宜)。如过热则被氧化而搪不上锡，俗称"烧死"。

锡焊时，先在准备好的线头上涂上焊剂，然后用挂上适量锡的烙铁，放在线头下面，当松香液沸腾时，立即将锡焊条熔在烙铁或线头上。烙铁离开接头要平移，以免在该处留下尖角，而割破绝缘。同时要防止熔锡掉到线圈缝里去。

②**浇锡**：如图 4—22 所示。先用铁锅在电炉或煤炉上将锡熔化，然后用小勺浇注锡液。浇注锡温约为 280℃ 左右。估计锡温的经验：当用小勺拨开锡面氧化层后，锡液表面呈银白色，约在10秒钟左右转变成金黄色时，锡温最适宜。如果很快就变为紫蓝色，说明焊锡温度过高，显红色就会烧坏线圈。

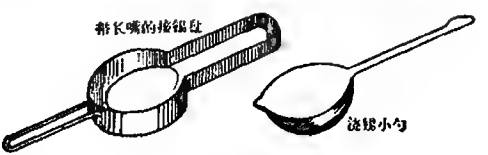


图4—22　浇锡工具

浇锡时要注意安全，盛锡工具要预热，不得有水分，以免发生爆炸。

③**浸锡焊**：如果焊接量大，可采用图4—23的浸锡焊工具。

盛锡筒周围绕有电阻丝，用云母片绝缘，外表面用石棉布包住绝热。使用时经降压变压器通入16～32伏交流电源，加热使锡熔化，然后洒上松香，将线头浸泡一会，即可焊好。

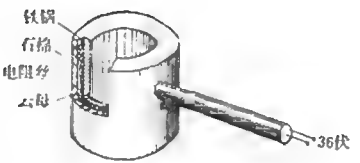


图4—23 浸焊工具

（2）气焊：是将绞紧的接头用乙炔氧焰加热至铜的熔点(1083℃)以上，使铜线局部熔化而互相熔接。这种焊接法，不需要清理焊件，亦不要焊剂，因此效率高，焊接牢固可靠，但焊后检修不便。

（二）铝线焊接

为了节约用铜，铝线电机日益增多，铝线绕组的焊接是工艺上的一个关键问题。因为铝很易氧化；氧化铝膜电阻大，熔点高(约2000℃)，除去不易。铝铜及铝锡间电位差大，造成焊接困难。使用过的焊接方法很多，这里仅介绍便于修理时采用的几种方法。

（1）气焊：这是一种比较简便可靠的方法。特别适用于多股铝导线接头的焊接。气焊焰的热量高，加热均匀，焊接速度快，这些都是它独特的优点。

焊接前，先将接头部分铝导线的漆层及氧化膜清除干净，用平口钳绞紧，头部剪平。在接头处涂上少量调成糊状的“铝焊药”，以保证铝的熔接良好。目前我国生产的铝焊药配方：氯化钾(KCl)50%，氯化钠(NaCl)28%，氯化锂(LiCl)14%，氟化

钠(NaF)8%。接头涂上铝焊药后，用小号的焊枪和喷咀，采用中性火焰，在还原区进行焊接，如图4—24所示。加热要均匀，焊接应迅速。如果焊药不够，中途可以补加。焊好后用湿布揩去焊头的焊渣，再涂上绝缘漆，以避免接头受潮腐蚀。

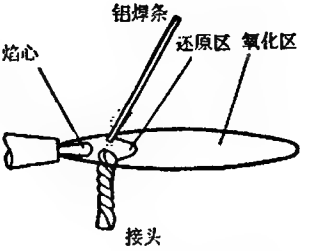


图4—24 铝线接头气焊

对铝线股数少或单根铝线焊接，可改用酒精或煤气喷灯加热，这时火头宜小，火力要集中。

铝线与铜电缆焊接时，先将铜电缆线芯搪锡成一股(搪锡长度约20毫米)。连接方法有两种型式(见图4—25)，一种是并焊，将干净的铝线紧密地并绕在铜线上，端头剪平，加铝焊药，仍在中性还原区焊接使其端头凝成小球状即可；另一种是对焊，先将铝线端头烧焊成一小球（单股铝线也相似），再加少量铝焊料，加热使铝焊头刚开始熔化，与此同时加热铜线芯使锡也开始熔化，随即将铜线芯插入铝球进行对接熔焊。前一种方法(并焊)，铜引线被包在铝线当中，不易焊透，多股铝线小球根部易断裂，焊接时必须注意；后一种方法，质量较易控制。

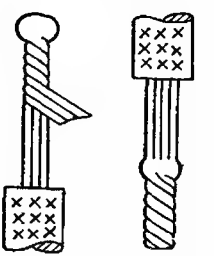


图4—25 铝线与铜线焊接

(2)烙铁焊：先配好焊剂和焊料。将70克的硫酸锌(Zn_2SO_4)加入100毫升水溶解，再加入5毫升左右的氢氟酸，装入塑料盆中，搅拌均匀，即成焊剂。另外将100克锡，60克锌放在小铁勺中熔化，再加40克镉熔化，搅拌均匀，铸成细长条焊料。

焊接时，先将铝线刮干净，立即浸入焊剂中，摇摆10～30秒钟，见铝线头呈现灰色，取出用水冲洗一下，即可用烙铁将焊料挂上，进行焊接。使用此法时，应注意以下几点：

①烙铁功率要求比焊铜线接头大一倍左右；

②焊剂要用塑料制的器皿盛贮，不能用玻璃或陶瓷器皿，因为氢氟酸对玻璃陶瓷有腐蚀作用；

③焊剂干固后，加一点水仍可使用；

④与铜焊接，铜先挂上普通焊锡；

⑤铝线挂焊料时，不能用普通锡焊焊剂。

(3)炭阻焊：炭阻焊有炭精熔焊、电阻对焊。现分述如下：

①炭精熔焊：它是炭精接触通电产生高温，使铝线熔化焊合。是一种铝一铝焊接的简便方法。目前应用较普遍。所需设备是焊接变压器和手焊钳。焊接变压器要求漏抗大，具有下垂工作特性，副边电压应能调节，以便焊接不同截面导线时调节副边电压，改变焊接电流达到焊接效果。手焊钳如图4—26所示。

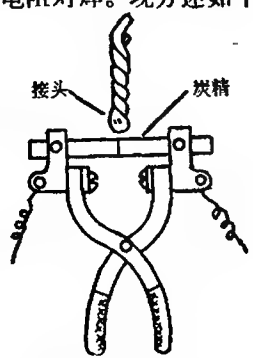


图4—26 炭精熔焊

焊接前，去除铝线氧化层，将导线绞紧，端头剪齐。焊接时，在端头涂上少量铝焊药，调节焊接变压器副边电压（一般为6伏），当两炭精接触后通电，待接触面的炭精烧得炽热发亮，接近焊接端头处，使铝线熔化面缩成小铝球即可（见图4—26）。

②电阻对焊：它是一种使用较早的方法，比较普遍用于铝扁线及铝导线的对接。操作方法简便。

对焊前二线头锉平保持平直，中心偏移不大于0.5毫米，夹装伸出长度相等，保持一定间隙，焊接时控制焊接电压和电流，防止发生强烈闪光爆炸和避免对接处一边先熔化。电阻对焊可不用铝焊药。表4—7的焊接规范可供参考。

表4—7　　铝线电阻对焊

铝线尺寸（毫米²）	断面范围（毫米²）	对焊机容量（千伏安）	焊接电压（伏）
1.0×4.1—2.44×4.7	4—15	5	1.8—2.0
2.44×6.4—2.05×11.6	15—25	3,5,10	1.7—2；2.3—3.7
2.63×9.3—3.05×11.6	25—35	5,10,25	3.2—4.0；2.2—2.5
3.28×12.5—3.28×13.5	35—50	25	2.5—2.8
3.53×15.6—7×14.5	50以上	25	2.7—3.5

此外，尚有冷压焊、贮能焊、氩弧焊、闪光焊等方法。氩弧焊、闪光焊的焊接质量稳定可靠，但设备较贵，操作技术要求较高，一般用于大批生产，在这里不另作介绍。

第四节　绕组绝缘处理

一、绝缘处理的目的

绝缘中纤维材料以及绝缘层之间，有孔隙和薄层间隙，容易吸潮，影响绝缘电阻；气隙有隔热作用，使绝缘导热性变差；同时，由于空隙的存在，氧或其他腐蚀性气体与绝缘材料接触面大，容易使绝缘材料氧化变质。绝缘处理的目的，就在于把绝缘材料中所含的潮湿驱除，用绝缘漆填满所有空隙，其具体作用如下。

(一)提高绕组绝缘强度和防潮性能：潮湿对绝缘的电气性能影响很大，例如含水量8%的青壳纸与干燥的青壳纸比较，体积电阻下降10^6倍，介质损耗角($tg\delta$)增加10^3倍，同时空隙中的空气介电强度较低，在电压作用下，容易产生电离作用而损坏绝缘。烘干、浸漆处理后，绝缘空隙中的潮气被驱走，填充了绝缘漆，起密封作用。提高了防潮性能，同时绝缘漆的介电强度比空气高得多，增强了电气强度。

(二)改善绕组的散热性能：绕组绝缘的使用寿命受温升影响很大。例如封闭式电动机，绕组工作时发出的热量，大部分经槽绝缘传导至铁芯，再经铁芯传导给机壳，最后由散热片经风扇吹冷散发。因为绝缘漆传导热量的能力(绝缘漆导热率为0.003瓦/厘米、℃)比空气大得多(空气导热率为0.00025瓦/厘米、℃)。经过浸漆处理后，使槽绝缘和导线空隙内被绝缘漆填满，使绕组中热量较易传导出去，大大地改善了电机的散热性

能。试验证明：封闭扇冷式10瓩电机在浸漆处理前后测得的温度一般都相差10℃以上。

(三)提高绕组的机械强度：因为导线通过电流时会产生电动力，尤其是鼠笼式电动机，起动时电流很大，导线将发生振动，时间长了导线绝缘很可能被擦伤，发生短路或接地等故障。经浸漆处理后，导线被粘结成牢固的整体，可以提高绕组机械强度，减少导线振动损坏的可能性。

此外，由于漆在绕组表面形成保护膜，增加了绝缘的抗腐蚀能力。

从以上分析，可以看出：对于绝缘处理工艺的基本要求是烘干、浸透、填满、粘牢，并在外表形成一层化学性稳定、坚韧而富有弹性的保护膜，要想很好满足这些要求，必须选择适当的干燥设备、绝缘漆和浸漆工艺。

二、浸漆处理设备

浸漆处理最重要的设备是干燥室，亦称烘房。对于烘房的选择应根据电机修造批量大小，绝缘处理质量要求以及热源采取方式等条件而定。对烘房要求应该是升温快，温度均匀，控制方便和绝热条件好，还要有安全设施。烘房因加热和通风方式不同，种类繁多。我国电机制造厂大多数采用电热、煤气加热或蒸气加热的循环通风式烘房。下面着重介绍供一般修造厂常用的电热循环通风式烘房。

如图 4—27 所示，烘房壳体用保温的耐火砖砌成，最好有内外两层，中间填入石棉粉，硅藻土等隔热材料，以减少热损

失。电热器的发热元件采用镍铬合金电阻丝。如有条件应尽量将电热丝装在填满石英砂的铁管中(见图4—28)，并将接头处封起来，进行间接加热，防止明火在烘房内直接与溶剂的气体相接触，以免引起爆炸和火灾。

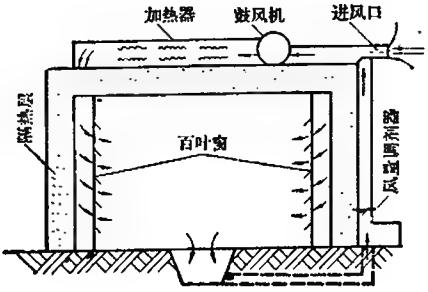


图4—27　电热循环通风式烘房

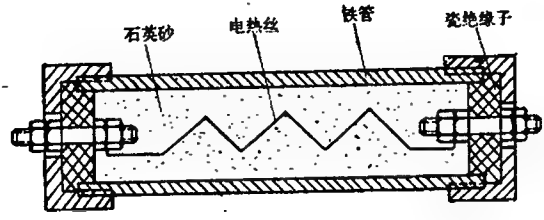


图4—28　电热丝管

电热器的功率可按每一立方米烘房的容积为5～8仟瓦选用。为了检修方便，电热器最好装在烘房的顶上或后部。

热风循环过程如图 4—27 所示：当开动鼓风机时，冷空气从进风口吸入，经过电热器使空气温度迅速上升，大部分的热空气经过百叶窗而穿过烘房，又回到鼓风机再次加热，或是排出烘房外。炉温由电热器元件功率决定。可采用自动控温装置。风量大小和废气排除，根据工艺要求，可控制风量调节器。如果百叶窗开启的角度调节适当，可使烘房室内温度均匀，温度差小于 5 ℃以下，此外，热量循环系统还应设安全阀门和消防措施，以防止烘房爆炸和火灾事故。

如电热器等设备有困难，可改用红外线或其它加热装置，但须注意下列问题：

（1）用红外线灯泡加热时，容易发生温度不均匀，最好将红外线灯装在弧面板上，并且板面可以前后移动调节，来维持工件各点温差不致过大。安装时应注意防止灯头和灯座因高温而烤坏。

（2）如果没有循环通风装置，热源进口必须低于被烘电机的水平面，并且温度指示装置应安放在电机附近。

（3）其他干燥方法和措施可参考第三章第六节。

浸漆桶或浸漆槽应加盖，场地要通风良好，防止苯中毒。浸漆区应严禁烟火，并备有消防用具。

三、绝缘漆

绝缘漆主要由漆基(固体物质)和溶剂组成。种类很多，按使用要求不同，可以分为：浸渍漆，涂刷漆，胶粘漆等。这里着重介绍浸渍漆。根据浸漆的目的，对浸渍漆有如下要求：

（1）具有良好的渗透能力，为了使绝缘漆浸透到线圈和绝缘材料的所有空隙，减少其吸湿性，因此漆的粘度不宜太高，即要加适当的稀释剂。但是根据绝缘和散热要求，漆的固体含量又要高，为了解决这一矛盾，漆的粘度和固体含量须符合规定，粘度一般用4号福特杯测定，在20℃时为35～40秒，固体含量不得少于45%。

（2）吸湿性要小，浸渍用漆本身的吸水性不要超过2%，当吸水性达2%时，被浸渍的纤维材料的电气性能将较干燥时下降100倍。

（3）具有良好的电气性能，浸渍用漆的击穿强度在室温为20℃时，不得低于30千伏/毫米的击穿电压。

此外，对导线绝缘应无损害作用，化学性能要稳定。干燥后，漆膜要光滑、牢固、不脆。

电机绕组常用的浸渍漆有：沥青漆（又名黑凡立水），清漆（又名清凡立水），醇酸树脂漆（又名热硬漆），水乳漆、环氧树脂漆等。各种漆的牌号和性能可参考表4—8。浸渍时，应根据所修电机的绝缘等级，是否须耐油等条件选用相应牌号的绝缘漆。目前小型电机E级绝缘普遍采用1032三聚氰胺醇酸树脂漆。有的还采用1013水乳漆。水乳漆以蒸馏水作溶剂和稀释剂。可免除苯中毒和着火危险，同时浸漆前不须预烘，可节约电力或燃料。它的缺点是耐潮性能不如醇酸树脂漆。

表4—8　常用绝缘漆的性能和用途

牌号 新	牌号 旧	名称	主要成份	特性	用途	溶剂及稀释剂
1030		醇酸漆	甘油、苯二甲酸酐干性植物油及松香等。	耐油性及耐电弧性良好，漆膜平滑坚韧。	电机、电器线圈浸渍及覆盖。	甲苯
1031		丁基酚醛醇酸漆	油改性醇酸树脂与丁醇改性酚醛树脂漆复合而成。	具有良好的流动性、干透性、耐潮性、耐电弧性和附着力。漆膜平滑。	湿热带电机电器及一般电机电器线圈的浸渍。	二甲苯，200号溶剂油
1032		三聚氰胺醇酸漆	油改性醇酸树脂漆与丁醇改性三聚氰胺树脂漆复合而成。	具有较好的干透性、耐热性、耐潮性、耐电弧和附着力，漆膜平滑光泽。	湿热带电机电器及一般电机电器线圈浸渍。	甲苯、二甲苯
1033		环氧树脂漆	亚麻油脂肪酸和环氧树脂漆经酯化聚合后与部分三聚氰胺树脂漆复合而成。	具有较好的耐油、耐热、耐潮湿性，漆膜平滑光泽有弹性。	用于浸渍电机绕组或作表面涂覆层	二甲苯丁醇
1013	5065	水乳漆	桐油、甘油、松香、乳化剂。	耐油、无毒干燥快。	电机绕组浸渍。	乳化剂，蒸馏水。
1321	5173	灰磁漆	1030漆，立德粉二氧化锰。	漆膜坚韧耐油性强。	绕组端部覆盖漆。	苯、甲苯

（续）

牌号 新	牌号 旧	名称	主要成份	特性	用途	溶剂及稀释剂
1213	5143	半导体漆	1211漆，炭黑。	黑色。	涂刷高压定子绕组端部	苯，甲苯
1214	5144	半导体漆	1211漆，炭黑。	黑色。	涂刷高压定子绕组槽部	苯，甲苯
1611	5053	硅钢片绝缘漆。	改良松香、桐油、亚麻仁油。	漆膜坚硬，耐油防潮。	涂刷硅钢片表面。	松节油
	5121—1	酚醛清漆	酚醛树脂。	粘着力强，耐油红色。	绝缘胶合剂	酒精
	5121—2	酚醛黑漆	酚醛树脂。	粘着力强，耐油、黑色。	绝缘胶合剂	酒精
1012	5054	清烘漆	松香、甘油、桐油。	干燥迅速，耐油性良好，耐潮漆膜平滑，有光泽黄至褐色。	电机绕组浸渍。	松节油，200号溶剂油。

四、浸漆处理工艺

一般中小型电机浸漆处理工艺可参考表4—9。

由表中可知浸漆处理由三个环节组成，即预烘，浸漆，干

表4—9　　浸漆处理工艺过程

工序	工艺过程	绝缘等级	温度（℃）	时间	绝缘电阻（兆欧）	备注
1	预烘	A	110—120	4—8小时	＞3	预烘必须彻底。
		E，B	125—135	4—6小时	＞3	
2	第一次浸漆	A（1012漆）	绕组60—70	至少15分钟		立式浸漆，漆的粘度18—22秒
		E，B（1032漆）	绕组60—70	至少15分钟		漆的粘度18—22秒
3	滴干		室温	＞30分钟		
4	第一次干燥	A	110—120	12小时	＞2	立式烘干
		E，B	100—110 125—135	3小时 6—8小时	＞2	
5	第二次浸漆	A（1012漆）	绕组60—70	约15—20分钟		立式浸漆，漆的粘度为30—35秒
		E，B（1032漆）	绕组60—70	约15—20分钟		漆的粘度为30—35秒
6	滴干		室温	＞30分钟		
7	第二次干燥	A	110—120	16小时	＞3	
		E，B	100—110 125—135	3小时 10—12小时	＞3	
8	喷绕组端部表面漆（1321漆）	A				烘干至少7小时，到不粘手为止。

燥。现将每个环节的作用和注意事项说明如下：

（一）预　烘

预烘的目的，为了把绝缘中的潮湿去掉，因此预烘需要一定的温度和时间。由于去潮的本质为水分的蒸发，为了缩短去潮时间，预烘温度可稍高些，但过高会影响绝缘材料的寿命，所以应根据绝缘耐温等级决定。预烘时间都是根据试验确定的。确定的原则，就是要保证绝缘电阻达到一定的稳定值。将绕组在规定的温度下干燥，直到绝缘电阻不再增加时（差值小于10%）所需的时间 t_1 再乘上1.1～1.2倍，即为所需预烘时间（见图4—29）。

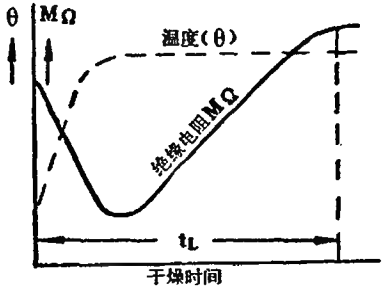


图4—29　烘焙曲线

（1）为了使绝缘内部潮气易于散发出来，预烘温度要逐渐增加，一般升温速度应不大于20～30℃/小时。加热太快，内外层温差大，表面层的水分很快蒸发，使潮气由外层往内部扩散，内部水分就不易散出。

（2）最好采用热风循环干燥，这样烘房室内温度就比较均匀，便于水分蒸发。

（3）间断地吹入冷风来换气，一方面使烘房室内水分较多的热空气换掉，降低烘房室内湿度，另一方面当冷风吹入时，

线圈表面温度较内部低，能促进绝缘内部潮气加速向表面扩散，提高干燥效率，但换气会降低烘房温度，消耗热能，因此不宜过于频繁。

（二）浸　漆

电机绕组浸漆次数根据电机的工作条件而定。正常湿度下（相对湿度不大于70%）工作的电机，浸1—2次，高湿度下（80～95%）用的防潮电机浸3—4次。

多次浸漆的作用：第一次把漆浸入纤维的细孔中；第二次是要把纤维粘住，不让它突起来，并填满第一次浸漆后烘干时溶剂挥发所造成的孔隙，这样便可以阻止潮气的侵入；第三次以上是要在绝缘表面形成加强的保护外层。由于要求不完全一致，所以各次浸渍所用工艺参数不一样。由于漆的渗透能力主要决定于漆的粘度，漆的填充性主要决定于固体含量的多少，因此第一次浸渍用漆的粘度不宜很高，否则不易浸透，同时会形成漆膜，把潮气闭在里面，妨碍第二、三次浸渍的作用。第一次浸漆的时间也应稍长一些，使漆能充分浸透。以后几次的粘度和固体含量都应适当增大，时间应该稍短。这样一方面可以使漆充满所有微孔，另一方面又不致破坏前一次浸渍效果，同时最后在绕组表面上就可以形成一层坚韧的漆膜。

如上所述，普通电机一般是浸二次漆，湿热带电机须浸三次至四次漆。但是目前有的制造厂在处理E、B级绝缘时，采用了一次浸漆工艺。据介绍，为了保证浸漆后的填充性，一次浸漆（1032漆）的粘度应严格控制在35～38秒（20℃，4号福特杯测

量)。处理后经防潮、温升等有关试验，这种工艺的效果比二次浸漆工艺还要好。现在已应用于5号机座以下的小型电机。

为了保证浸漆质量，浸渍时应注意以下几点：

(1)浸漆时绕组和铁芯的温度，应在60～80℃时浸入漆中，温度过低，影响漆的渗透性能，温度过高将使溶剂大量挥发，甚至可能在绕组表面形成漆膜，妨碍漆的浸透。

(2)漆的粘度应很好控制。没有经验时应采用粘度杯测定。一般用的4号福特杯如图4—30所示。此杯应用黄铜加工，以免生锈或变质。加工尺寸公差应符合图中要求。

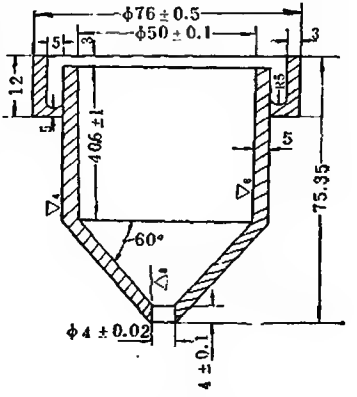


图4—30　4号福特杯

使用时，将福特杯放平在架上，堵住下端小孔。将漆倒入杯内，使漆面与杯口相平，然后打开小孔，并开始记时，直到杯内漆液全部滴完，记下时间和漆的温度，此时得到的数据，便为当时漆温下的漆的粘度。粘度愈大，滴的时间愈长，反之则愈短。由于漆温对粘度的影响很大，因此一般规定以20℃为标准。温度不同，粘度须换算到20℃，换算的方法，将20℃4号福特杯，30秒的绝缘漆，变更其漆温，不断测量其粘度，连续四点以上，即得到温度与粘度的换算曲线。福特杯须保持清洁，标准的4号福特杯在20℃时，100毫升蒸馏水的粘度是11.5秒。

（3）被浸工件在漆面下至少不少于100毫米，浸到不冒气泡为止，但一般不应少于15分钟。

（4）修理单个电机，为节约用漆，可采用浇漆的办法，将电动机垂直放着，底下放一只滴漆盘，在绕组温度冷到60～80℃时，先浇一端，经20～30分钟滴漆过程，然后浇另一端，直到浇透为止。

（5）浸漆滴干后立即用布或毛刷粘溶剂擦去定子内膛和机座配合面的余漆，如果浸1032漆，也可不必擦漆，待干燥后乘热用铲刀铲去。

（三）干　燥

浸漆后的干燥比预烘时更为复杂。因为此时不仅有物理过程（溶剂的挥发），而且还有化学过程（漆基中树脂和干性油的凝聚氧化过程）。干燥过程可以分为二个阶段，第一阶段主要是溶剂的挥发，第二阶段是漆膜的固化。第一阶段温度不宜过高，否则会使溶剂挥发太快，从而造成流漆现象，并可能在绝缘表面形成硬的漆膜，妨碍内部溶剂和潮气的散发。在第一阶段内还应进行换气，以加速溶剂的挥发，防止溶剂气体过多而引起爆炸。到第二阶段时，温度就应该提高，一般应比预烘温度高10℃左右，至少不应低于预烘温度，因为此时主要使漆膜固化。

干燥时间，要根据试验来确定，第一阶段的时间，视溶剂的挥发情况而定，第二阶段的时间则依绝缘电阻情况来决定。多次浸漆处理时，头几次时间应短一点，使内部漆膜不完全变硬，还保持有粘性，这样就可以使前后几次浸漆所形成的漆膜，

能紧密结合在一起。最后一次干燥时间应较长，使漆膜固化完好。对于转动部分的绕组则更应长一些，以免因硬结不良而在运行时发生甩漆现象，但干燥时间也不宜过长，否则漆膜变脆，容易破裂。

转子绕组在干燥时还应立放，以免漆流结一边而影响平衡。如因设备条件限制只能平放干燥，则干燥第一阶段定期转动180度，以减轻漆流向一边的现象，或者将第二次浸漆后干燥的位置与第一次浸漆干燥时的位置相差180度，使两次流结影响可以互相抵消一些，但这两种方法都不如立放干燥的可靠。

第五节　检查试验

为了保证电机的修理质量，电机在经过绕组嵌装，浸漆处理，总装等各个阶段，都必须进行检查试验。一般检查试验项目如下：

(一)外表检查

首先检查线圈端伸长度是否一致，端伸斜度是否符合要求；定子绕组端部内圆必须较铁芯内圆大。转子绕组端部及钢丝的最高点，必须比转子铁芯外圆小2—5毫米。绕组对机座，挡风板等零件须保持一定的绝缘距离。对冷却风路应无堵塞现象，槽楔应无松动，无高出槽口部分。槽口绝缘应包叠好压在槽楔下，槽绝缘应无破裂，端部相间绝缘位置须正确，所有绝缘材料应无松动及凸出现象。

(二)测量绝缘电阻及直流电阻

绝缘电阻用摇表测量，绕组各相之间和绕组对铁芯之间，在

工作温度时测得的绝缘电阻值R_i应符合下列公式计算值：

$$R_i \geqslant \frac{U_H}{1000 + P_H/100} \quad (兆欧)$$

式中U_H为绕组的额定电压(伏)，P_H为电机额定功率(瓩)，在耐压试验前后所测量的绝缘电阻值，不得有过大的差别（不大于30%），否则须分析原因，或重做耐压试验。

绕组的直流电阻用电桥测量，小于1欧姆的电阻必须用双臂电桥，大于1欧姆的可用单臂电桥。所测各相电阻的不平衡度应小于5%，即：

$$\frac{r_{最大} - r_{最小}}{r_{平均值}} < 5\%$$

式中：$r_{平均值} = \frac{r_A + r_B + r_C}{3}$ (欧)

r_A，r_B，r_C分别为测量的三相绕组的直流电阻值，以其中的最大值减最小值为上式的分子。

如果电阻相差过大，则表示绕组中有局部短路或焊接不良。尤其是在多路并联情况，可能是其中某个支路脱焊。如果三相电阻数值都偏大，则可能是线径过细，或匝数过多等，必须认真找出原因，加以解决。

(三)耐压试验

绕组对铁芯及绕组各相之间的耐压试验，是保证绕组绝缘可靠性的重要措施。在线圈包扎绝缘、接线、总装等过程中，都有可能损伤绝缘。因此，在进行以上各工序后，均须进行耐压试验，绝缘击穿后，必须修补更换。为了一方面尽可能在前面

的工序中发现绝缘缺陷和减少返工，另一方面又不致使绝缘因多次耐压试验而受到不必要的损害，因此，对绕组在不同工序中一般规定不同的耐压值。如表4—10和表4—11。

表4--10　　定子试验电压(伏)　　U_H—电机额定电压

试验阶段	1瓩以下半闭口槽电机	1—3瓩半闭口槽电机	3瓩以上半闭口槽电机	3—1000瓩开口槽电机
线圈绝缘未嵌线	—	—	—	$2.75U_H+4500$
嵌线未接线	$2U_H+1000$	$2U_H+2000$	$2U_H+2500$	$2.75U_H+2500$
接线后未浸漆	$2U_H+750$	$2U_H+1500$	$2U_H+2000$	$2.25U_H+2000$
总装后	$2U_H+500$	$2U_H+1000$	$2U_H+1000$ (不少于1500)	$2U_H+1000$

表4—11　　转子试验电压(伏)　　U_K — 静止时转子绕组开路电压

试验阶段	不逆转的电机	可逆转的电机
线圈绝缘后未嵌线	$2U_K+3000$	$4U_K+3000$
线圈嵌入铁芯未并头	$2U_K+2000$	$4U_K+2000$
绕组并头及接引出线后	$2U_K+1500$	$4U_K+1500$
电机装配完成后	$2U_K+1000$	$4U_K+1000$

以上耐压值，除总装后出厂试验值必须符合国家标准外，其余视具体情况而定，例如天气潮湿过久，绝缘材料受潮，未浸漆前的中间试验电压，可以适当降低。

线圈局部修理后的耐压值，低压电机为$U_H + 500$，高压电机为$1.3U_H$。

试验时，起始电压不应超过1/2的试验电压值，应逐渐地升高到规定值。维持一分钟，然后迅速地降低电压到1/2以下，才断开电源。

耐压试验电压很高，必须注意安全措施，试验地区应有栅栏隔离和明显标志，试验进行时，应有红灯或警铃发出信号。被试件的外壳应接地良好，高压试验后，应用有绝缘柄的接地棒对被试件进行放电，然后才能接触被试件。

(四)极性检查、短路检查以及局部修补

可参考第三章第三节。

(五)空载试验

空载试验时，应在电动机绕组上加以三相平衡的额定电压，电动机轴上不带任何负载。

绕线式电动机在空载试验时，应在转子绕组的出线端上短路，多速电动机的空载试验，应对每一种转速值进行试验。

试验时，应测量三相电压和三相电流，并与以前所测的数值比较，相差不应超过±5%。如果三相电流相差较大，且有嗡嗡声则可能是接线错误，或有短路现象。

一般中小型电动机空载电流约在额定电流(I_H)的30～60%范围。高速大容量电动机空载电流的百分值较小，而低速小容量电动机空载电流的百分值则较大。

空载运转的时间不应小于一小时。试验时，可测量铁芯是否过热或发热不均匀，并可检查轴承温升是否正常。

(六)匝间绝缘强度试验

为了防止线圈匝间短路，在空载试验后，把电源电压提高到额定电压的1.3倍，运行5分钟，应不发生短路现象。6仟伏以上高压线圈在嵌线前进行匝间绝缘试验，每匝电压为500伏，一般用高频电源或冲击波进行试验。

(七)短路试验

短路试验是在转子堵住不转的情况下，用调压器逐渐升高电压，当电流达到额定值时测量三相短路电压。一般小容量380伏三相电动机的短路电压值可参考表4—12。

表4—12　短路试验电压(参考)

电机容量(瓩)	0.6—1.0	1.0—7.5	7.5—13
短路电压(伏)	90	75—85	75

如果测得的短路电压偏高，则可能是匝数太多，漏抗太大，这时电动机的性能表现为：(1)空载电流小；(2)过载能力差；(3)起动电流及起动转矩均下降。若短路电压太低，则性能情况与上述相反。这两种情况都对电动机运行不利。在拆换绕组时，要预先采取措施予以改进。

前面五项检查试验(即第1，2，3，4，5项)应在绕组未浸漆前进行。以便及早发现问题，及时进行返修。因为浸漆烘干后，绕组固化成型，不但返修费工费料，甚至会有报废的可能。

电机修理全部竣工，还应再进行第2，3，5，6，7项试验，

以保证电机长期而可靠地运行。

总装试验前，还应检查电动机装配质量。如电动机气隙大小是否均匀，出线端的标志，紧固用螺栓和螺帽是否旋紧，转子转动是否灵活，轴伸径向摆动是否过大，轴承润滑是否良好。对绕线式电动机还应检查电刷的装配情况和电刷与滑环的接触情况。

第六节　成型绕组的全部拆换

在大中型电机中，一般定子都采用成型绕组。这种绕组的质量可靠性和使用寿命，比散装绕组高，损坏后局部修复的可能性亦比较大。但若绕组损坏部位很多，绕组绝缘受酸碱物质腐蚀严重，或因温度过高，时间过久，绝缘已经老化时，局部修理不能保证质量，就须全部拆换。

成型绕组全部拆换的关键在于线圈制造。修理单位对成型线圈的制备，根据具体情况，可采用下述三种方案。

(1) 原有线圈仅外包的主绝缘受机械损坏或外层受腐蚀时，可利用原线圈的匝间绝缘，只更换主绝缘。

(2) 当匝间绝缘已老化或变质，必须换新，在线圈导体较粗而匝数较少时，可利用原线圈导线(保持原线圈形状)，重换匝间绝缘及主绝缘。

(3) 全部新制成型线圈。成型线圈（尤其是高压线圈）的全部新制，工艺较复杂，线圈的形状和尺寸的准确性，以及绝缘的可靠性，要求均较严格，需要一定的熟练人员和某些专用设备与模夹具，以保证线圈质量。为了修复一、二台电机而添置

这些专用设备和模夹具是不很经济的。因此在考虑修复成型绕组时，应尽可能采用(1)(2)种方案。如必须全部新制线圈，最好委托有条件的工厂协作制造。

一、旧成型线圈的拆除

参考第一节表4—1，详细记录旧绕组数据，并应注明线圈端部绑扎位置。然后用烙铁或喷灯熔开所有接头，取下接头扎线或铜套，清理保存好，以备重用。

线头拆开后，将线圈逐个通电加热，使绝缘软化，然后逐个细致地取出，注意防止线圈变形(尤其是鼻端部分)。取下的工字形垫块及绕组端箍，应清理好，保存备用。

线圈全部取出后，如确定换匝间绝缘时，可通电或用明火烧去线圈本身废旧绝缘物。为了避免线圈散开和变形，未烧前应用细铜丝将每个线圈的鼻端和直线边捆扎好。烧时注意温度不能太高(最高以铜导线烧成暗红色为限度)。因为温度太高会使铜表面氧化层增厚，甚至因高温变质，影响铜导线的韧性及导电性变坏，而造成报废。

绝缘物烧得差不多时，迅速将线圈浸入水中冷却，然后取出清理干净，并用砂布擦去线头上的氧化物，重新搪锡。

二、旧成型线圈重新绝缘

拆出的旧成型线圈，如果匝间绝缘尚好，只需更换主绝缘，可将线圈通电加热使绝缘软化，用人工方法仔细剥去被损伤的主绝缘层，然后根据线圈电压等级采用新制线圈绝缘方法（见

后叙），重新绝缘。

如果匝间绝缘不能利用，但导条较粗，匝数甚少，线圈不易变形时，可考虑利用原来线圈重新绝缘。在烧去废旧绝缘后，用棉布把导条上的油污、杂质、氧化层擦干净，然后用白绸带将线圈从第一匝开始，一匝一匝地进行半叠包，直到包完为止。

匝间绝缘包好后，包引线绝缘，引线绝缘层见表4—13。包时应使绝缘第二层比第一层短，包成圆锥形（见图4—31）。但最外面一层玻璃丝或白纱带应比各层长一些。包的时候，自伸出鼻端距离A处开始，包到斜边后再包50毫米止。包好后用扎线将引出线与线圈斜边扎紧。

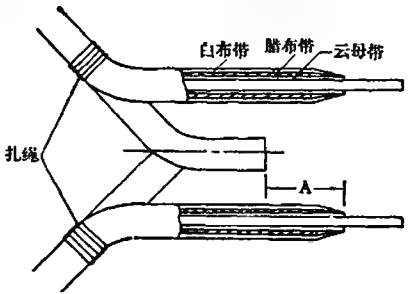


图4—31 定子线圈引出线头的绝缘

表4—13为A级绝缘结构引出线，如匝间绝缘及主绝缘为B级，则引出线亦须用B级绝缘包扎。

表4—13 引出线包扎绝缘的层数

电机的工作电压(伏)	尺寸A（毫米）	绝缘层数		
		云母带	黄蜡带	白纱带
500	10	—	1	1
3000	10	—	2	1
6000	15	2	2	1

引出线包好后，如系高压线圈，则整个线圈进行包主绝缘及工艺处理(见后述新制线圈绝缘方法)。如系低压线圈，则整个线圈对接包一层白纱带。检查线圈及铁芯槽尺寸，槽紧时则可改用白绸带包扎。槽尺寸宽裕时，还可在匝间衬垫一层绝缘薄膜，以加强匝间绝缘。包带接头须处理在线圈端部斜边处。先估计好线圈所需要的带子总长，然后剪断，把带子头插入导线夹缝中(见图4—32)从引出线处开始，边包边用力抽紧带子，包到最后几道后时，用图4—33的方法收紧，再用虫胶粘牢，以免松脱。

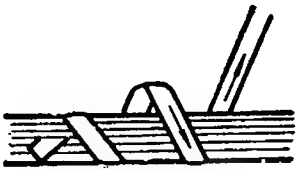


图4—32　包带开始

图4—33　包带结束

线圈经过上述加工后，难免不变形。因此须用木棒在平整的工作台上进行整形。主要是整线圈边的倾斜度。先整好一个标准线圈进行试嵌，合格后再继续将其余线圈的形状整好。

线圈形状和尺寸合格后，参考前述绝缘处理方法，将其进行一次浸漆处理。绝缘检查合格后，对铁芯绝缘如采用槽绝缘结构，便可着手嵌装。如采用包扎绝缘结构，即可准备包扎主绝缘(对铁芯绝缘)。

三、成型线圈的制造

像上述情况线圈重包匝间绝缘之后仍可继续使用。但当线圈损坏严重，或导线过细，匝数很多时(特别是高压线圈)，则重包匝间绝缘时线圈容易变形，而且匝间包绸带后很可能尺寸过大，上述方法便不适用，必须新制线圈。成型线圈的制造可参考表4—14的步骤进行。

表4—14　　成型线圈制造过程

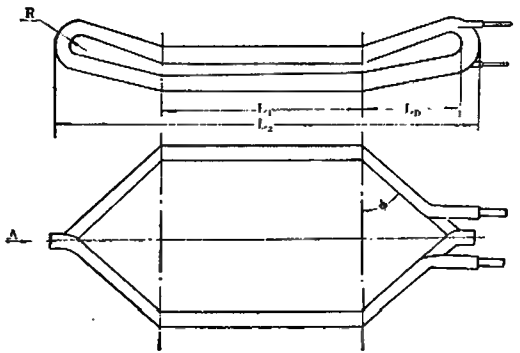
序号	工艺过程	设备及工具	序号	工艺过程	设备及工具
1	线模准备；		8	匝间绝缘处理(高压电机)	浸漆处理设备
2	绕线：绕成梭形或菱形线胚	绕线机	9	压形：(高压电机)	冷压模
3	初包：半叠包一层临时白纱带以免下道工序损伤线圈导线绝缘		10	拆临时白纱带	
			11	检查	
4	搪锡：将线圈引线头去纱搪锡	搪锡锅	12	包主绝缘：(高压电机)连续式B级胶带绝缘	
5	拉形：将梭形或菱形线胚拉成所需尺寸和形状	拉形机	13	烘压：使B级胶带固化	烘压模
6	包引出线：绝缘并扎紧		14	检查试验：尺寸检查，耐压试验，介损测量。	试验设备高频电源西林电桥
7	整　形	整形模			

电机的寿命和运行的可靠性主要决定于绕组。而线圈质量不好，大部分是由于工艺方面的缺陷造成的。因此在加工过程中必须注意以下几个问题：

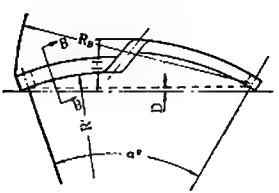
（一）线模准备

制作线模时，首先须测出旧线圈各部分的尺寸，如图4—34所示。然后按下列公式计算线模尺寸：

$$M_0 = \sqrt{L_D^2 + \frac{1}{4}R_B^2 + (H - R - h)^2} \quad (4—2)$$



a）线圈形状



b）A向视应

c）B—B 剖视图

图4—34 成型线圈

$$M_1 = \frac{1}{90}\pi R_1 \sin^{-1}\left(\frac{M_0}{2R_1}\right) \qquad (4—3)$$

式中：R_1为上层线圈边端部圆弧实际半径，它与其投影半径R'(见图4—34b)的关系：

$$R_1 = R'/\cos^2\phi \qquad (4—4)$$

ϕ是上层线圈端部斜边部分所张角度，可实测。于是梭形模总长M(见图4—35a)

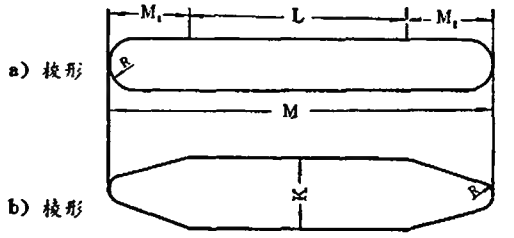


图4—35 成型线圈模心

$$M = L + 2M_1 \qquad (4—5)$$

当R_1很大时，可以认为：$M_1 \approx M_0$，

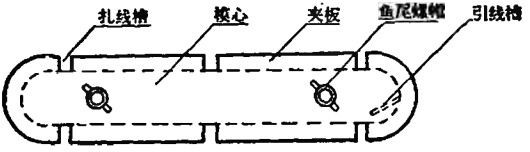
此时 $$M \approx L + 2M_0 \qquad (4—6)$$

式中L为直线部分尺寸，等于铁芯长加两端伸出长度(2d)。

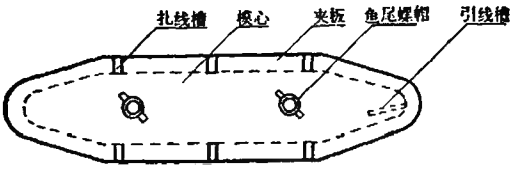
为了使用绝缘包扎机，线胚形状宜用梭形。梭形线模模宽取为K(见图4—35b)，线模总长仍为$M = L + 2M_2$，而$M_2 = \sqrt{M_1^2 - K^2/4}$。$M_1$与$M_0$计算与梭形线模相同，当$R_1$甚大时，也可认为$M_1 = M_0$，K值一般可取80毫米。

在采用棱形线模，且线圈匝间垫有垫条时，M_0计算式的右边L_D应代以(L_D—0.2N)，而(H—R—h)应代以(H—R—h—0.2N)，其中N为线圈单排匝数。

线模尺寸得到以后，便可着手制模。交流成型线圈采用单个绕制，只须做一块模心，二块夹板，用硬木制成。模心厚度由并绕导线根数而定。绕线模式样如图4—36所示。



(a) 棱形



(b) 棱形

图4—36 成型线圈绕线模

(二)绕线

成型线圈采用绝缘扁导线进行平绕。先将线头嵌在模心一端的引线槽内(引线长度参考原线圈引线尺寸)，并将导线敲平于模心端侧面上，在绕制过程中，必须随时敲平导线，防止线圈匝间存在间隙。

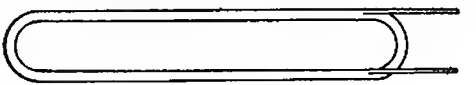
用于半开口槽的线圈，在第一层转弯圆弧处半叠包玻璃丝

带一层。用于开口槽的线圈，在第一层转弯圆弧处半叠包玻璃丝带一层，以后每隔一层半叠包玻璃丝带一层。如果匝间垫云母纸条可以不包。云母纸条在绕线时就应平整地垫入。线圈绕完，用白纱带扎紧，以防止线圈由线模上拆下后产生松散现象。

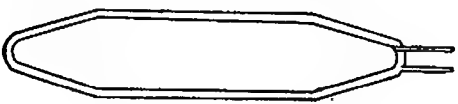
线圈绕好，整个线圈边半叠包一层白纱带，然后将引线头进行搪锡。

(三)拉形和整形

由绕线模绕出来的梭形或棱形线圈(见图4--37)。尚须经过拉形和整形，才能使成型线圈达到最后所需要的尺寸形状。



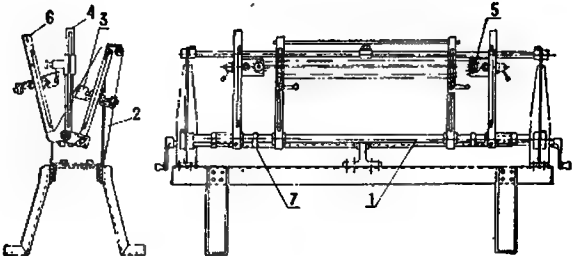
(a) 梭形线圈



(b) 棱形线圈

图4—37

拉形和整形是成型线圈制造的关键工序。拉形一般采用拉形机较方便。拉形机种类很多，如图4—38是一台结构较简单的拉形机。其工作原理见图4—39所示。图中1、2之间的距离(T)由线模宽度确定。拉形后它们之间（对径向来说）应该是上下两层线圈之间的总绝缘厚度。拉形后的半径R_P为线圈平均半径，即等于定子圆心到线圈上下层边中点处的距离，可实测得到。拉形后的张角α见图4—34(b)，因此，由图4—39可以得出下列几何关系：



1—轴　2—支架　3—夹头　4—鼻部支架　5—拉轴
6—拉臂　7—止动环

图4—38　拉形机简图

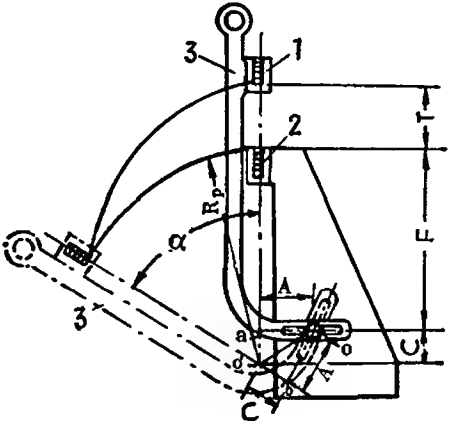


图4—39　拉形机工作原理

$$F + T = C + R_P \qquad (4—7)$$

$$R_P = C + F \qquad (4—8)$$

由(4—7)与(4—8)式可得线圈拉形的安装和操作数据C和F，即：

$$C=\frac{T}{2};\qquad F=R_P-\frac{T}{2}$$

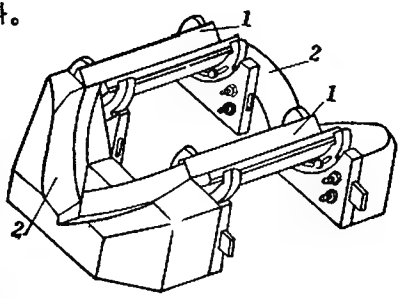
又因三角形oo′a和三角形oo′b全等，而∠ao′b = 180° − α，所以∠oo′a = ∠oo′b = 90° − $\frac{\alpha}{2}$，于是另一数据A为：

$$\operatorname{tg}\left(90°-\frac{\alpha}{2}\right)=\frac{A}{C}\quad 或\quad A=\frac{T}{2}\operatorname{ctg}\frac{\alpha}{2}$$

有了上述数据，便可以根据线圈尺寸和形状调节拉形机的各部分距离。拉形机的夹头(2)是固定的，而(1)可由拉臂(3)拉开，在拉开距离试好后，要用绳带或其他方式将拉臂的拉距固定，以使每只线圈尺寸一致。

应当指出，由于成型线圈尺寸和形状要求比较严格，因此拉形时应先试拉一只，检查合格后再继续进行。以免尺寸达不到要求，影响嵌装和浪费材料。

线圈经过拉形后，还必须整形，才能达到所需尺寸和形状。整形是在整形模内进行的，图4—40是整形模结构。把线圈放在整形模内，用木锤垫上硬木条进行敲打，先矫正直线部分，然后再矫正端接部分。



1—直线部分　2—端部

图4—40　整形模

(四)线圈绝缘

成型线圈的绝缘决定于工作电压的高低和绝缘等级。对电压低于500伏的低压电机，绝缘较简单，用于半闭口槽时，一般嵌线时在槽内垫对地绝缘。线圈制造时，直线部分不包绝缘，仅在端部半叠包玻璃带。用于开口槽时，则整个线圈包玻璃带，端接部分半叠包，直线部分对接包或疏绕包(参考图3—20)。

3000伏以上的高压电机，都是在线圈制造阶段包扎绝缘和进行绝缘处理，绝缘结构较复杂，对电机成本和使用寿命影响很大。

过去都采用浸胶线圈，近年来，我国电机制造工作者在毛主席革命路线指引下，对高压电机绝缘进行了许多重大改革，逐步取代了浸胶线圈。目前采用比较普遍的是B级胶带绝缘。处理工艺有模压法、液压法和模液法三种。模压法工艺设备较简单，适宜于修理单位采用，现简述如下：

(1)匝间绝缘浸漆，线圈经过拉形、包引线(参考图4—31)、整形之后，对匝间绝缘浸一次1032漆，用绝缘漆黏牢并填充线匝缝隙，使之成为紧密整体。浸漆工艺过程如表4—15所示。

表4—15　　成型线圈匝间绝缘浸漆

工序名称	温度(℃)	时间	备注
预烘	110～120	2小时	
浸漆	60～80	大于15分钟(无气泡止)	1032漆，粘度4号福特杯20℃23秒
滴干	室温		
烘干	110～120	4小时	60℃时恒温半小时

（2）线圈匝间压紧：将浸漆处理后的线圈，放在110～120℃的烘箱内预烘10～15分钟，然后在冷压模内进行压紧（冷压模结构见图4—42）。冷压的目的是为了使线圈匝间排直。

（3）包线圈主绝缘：线圈经过匝间绝缘处理后，直线部分采用B级胶带（即5439A—1桐油酸酐环氧粉云母带）进行包扎。如图4--41所示，先从L_A处（即$\frac{1}{2}$至$\frac{2}{3}$端部斜边长度）开始半叠包第一层，具体尺寸视线圈端部斜边长而定。以后各层都向端部延伸呈锥形，锥形长度L_B：3KV级为50～70毫米，6KV级为75～90毫米。包扎层数视电压等级而定，可参考表4—16。端部半叠包黄玻璃漆布带，每包一层刷一层1032漆，包扎层数可参考表4—16。第一层从引线与线圈结合部位开始包，以后各层向B层胶带的搭接部分延伸，如图4—41

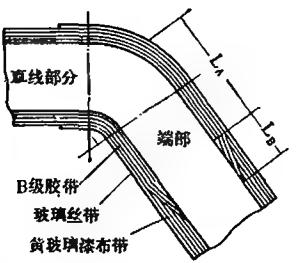


图4—41 端部绝缘结构

表4—16 成型线圈绝缘包扎层数

线圈电压等级	直线部分（B级胶带）	端部
3KV	7～8层	4～5层
6KV	11—12层	6～7层
10KV	18～20层	17～18层

所示。最后半叠包一层玻璃丝带作为保护带，并包出直线20毫米。再在整个直线部分对接包一层聚脂薄膜，便于烘压脱模。线圈包扎要求均匀、平整、紧密，不允许有胀包现象，绝缘包扎厚度、误差不得超过±0.2毫米。

（4）线圈烘压：线圈主绝缘包好后，须在烘压模上进行烘压，烘压的目的，一方面是为了使B级胶带固化紧密，增加介电强度；另一方面是为了使线圈达到所需尺寸和形状。

图4—42为烘压模单边横截面示意图(俗称烘压条)。它由压紧螺栓、支架、压条和模座等零件组成，内装电热丝加热。烘压时，先清理模具，涂上硅油或硅橡胶溶液，便于脱模。然后将模具通电加热到130℃后，放入线圈，加压到4—6公斤/厘米^2，保持1—2分钟后，减压至1—2公斤/厘米^2，在此压力下，保持10—15分钟，具体时间，视线圈流出胶的流动情况而定，如胶已接近胶化即增加压力至4—6公斤/厘米^2，当上压模温度达150℃，下压模在200℃以下，维持两小时，然后切断电源降温，当上压模降温到130℃时，即可将线圈卸下。并将流出的胶液及时清除干净。

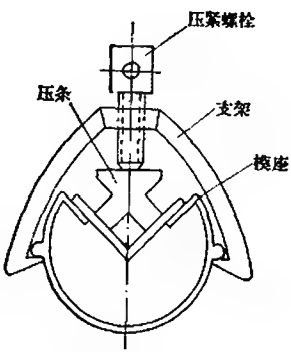


图4—42 烘压模

烘压后的线圈绝缘尺寸必须符合要求，公差以0.2毫米为限；表面应光滑无气泡、无杂质、色度均匀；硬度高，内外固化

完全一样；绝缘层无单边现象，线圈不变形。

线圈冷压模与烘压模完全相同，只是没有加热部分。

B级胶带加热固化方式，除烘压法外，还有液压法，所谓液压就是将线圈浸于高温沥青液体中，用压缩气体加压，使线圈B级胶带固化并压紧。实践证明：液压线圈质量比模压好，且效率高；但设备费用贵，目前我国原有浸胶设备的工厂，一般采用液压法，或模液压法。

B级胶带压紧固化后，将线圈进行耐压试验及测量介质损失角，合格后，即可进行嵌装。

对于10仟伏以上的高压电机，须在线圈绝缘表面涂覆一层半导体漆或包一层半导体石棉带，以消除电晕。

上述B级胶带绝缘成本较高，因此，有的修造厂采用环氧树脂玻璃丝带制造高压线圈主绝缘。据介绍这种绝缘方式，工艺简单。制出来的线圈经过运行实践，尚能满足要求。其绝缘结构和工艺处理简述如下：

首先将0.1毫米厚的无碱玻璃丝带经脱蜡处理，在60～80℃下浸渍环氧胶，制成含胶玻璃丝带。然后用这种带子在线圈直线部分半叠包7层，端部半叠包5层（对6仟伏高压线圈而言）。外包一层聚脂薄膜。线圈包完后即嵌线，绕组嵌装完毕，整台定子送入160℃烘房烘48小时。

环氧胶配方如下：

201 环氧树脂	100克；	6101 环氧树脂	10克；
70 酸酐	100克；	1.3 丙二醇	6克。

四、成型绕组的嵌装

低压电机(500伏以下)大部分采用半开口槽，高压电机一般都采用开口槽，它们的嵌装方法基本相同，嵌装步骤可参考表4—17

成型绕组嵌装有关问题说明如下：

(一)绕组绝缘

半开口槽低压线圈，直线部分一般不包对地绝缘，以减少对槽口宽度的要求。嵌线时，在槽内垫放绝缘，其结构与双层散装绕组相似。而端部绝缘，则在线圈制造过程中包好，每一极相组中的始末两个线圈(俗称相边线圈)，其绝缘较普通线圈高，嵌装时须注意分别清楚。

开口槽线圈绝缘，在线圈制造中已全部包扎好，槽内绝缘及垫条，主要为防止线圈嵌装时受伤。

(二)端箍固定

嵌线前，在机座端盖螺孔上对称地装上3—6个螺栓，将端箍用扎绳拉紧到螺栓上。端箍应与铁芯内圆同芯，其轴向位置，若每端只用一只端箍，应放在线圈端伸的最高点附近，若每端用二只端箍，第二只应放在线圈斜边的中部。在大型电机中，端箍通过支撑螺杆固定于定子端板或机壳上。

端箍绝缘：视绕组的工作电压而定，一般用玻璃漆布带或云母带包扎，并在外层加包一层玻璃丝带。高压电机端箍还须刷漆(或浸漆)烘干。

端箍与垫块都是为了加固绕组端部(见图4—43)，使绕组受

表4—17　成形绕组嵌装步骤

序号	工作步骤	工具及设备
1	准备工作： ①清理铁芯。 ②垫槽绝缘（低压电机）。 ③固定端箍。	
2	嵌第一节距线圈：以机座出线孔为准确定第一槽位置，嵌下层边，并扎好下层端部垫块。上层边暂时放在相应槽内。	嵌线工具
3	嵌一般线圈：嵌好下层边后，垫层间绝缘条，将上层边嵌入节距相应槽内，垫绝缘条打好槽楔，扎好端箍及上下层端部垫块。	嵌线工具
4	分段耐压试验：对高压电机嵌一部分线圈后即进行耐压试验一次。对低压电机可免去。	试验变压器
5	嵌最后一节距线圈：将第一节距线圈通电加热吊起。嵌好下层边，即将吊起线圈逐个加热后放下，嵌入槽内扎好。	交流或直流电焊机（高压线圈加热用）
6	检查试验： ①检查端伸尺寸及固紧情况； ②耐压试验； ③匝间绝缘试验。	试验变压器高频电源
7	接线：线圈及极相组之间接线，接引出电缆焊接、包绝缘。	锡焊设备
8	检查试验： ①检查线圈包扎情况； ②耐压试验； ③三相电流平衡试验； ④直流电阻测定。	试验变压器低压电源电桥
9	绝缘处理：低压电机浸漆2次，高压电机浸漆1次。	见第四节
10	耐压试验。	试验变压器

大电流冲击时（起动瞬间或短路），不致因电磁力的作用而发生变形，造成绝缘损坏。端箍和垫块的数量，视线圈端伸长度而

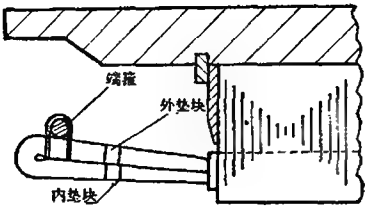


图4—43　绕组端箍与垫块位置

定，一般可参考表4—18。

对于有些容量较小和极数较多的电机，只在无引线端扎端箍，而在引线端将引线焊接后，同线圈鼻端扎牢，以此起固定作用。

表4—18　　成型线圈端伸固定方案（每端）

端伸长度	低压电机(500伏以下)			高压电机(大于3千伏)		
	端箍数	内垫块道数	外垫块道数	端箍数	内垫块道数	外垫块道数
120以下	—	—	—	—	—	—
121—150	1	—	—	—	—	—
151—180	1	1	—	1	—	—
181—230	1	1	1	1	1	—
231—300	1	1	1	1	1	1
301—350	2	2	2	2	2	2

（三）嵌线

半开口槽线圈的嵌装顺序见图4—44。嵌线时应放好垫条，

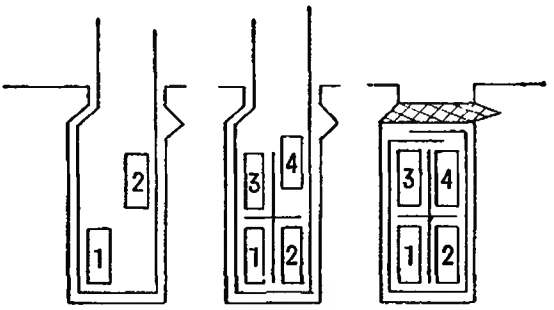
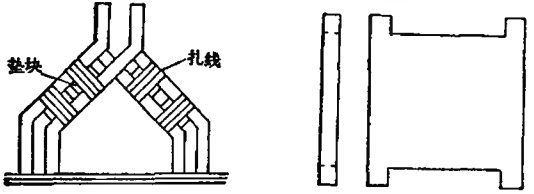


图4—44　半开口槽线圈嵌装顺序

并注意线圈两端伸出铁芯外的长度应相等。嵌第一节距线圈时为了使下层边能很好地放在槽底，须将上层边放入相应的槽中，但无需沉到槽底。

嵌一般线圈时，先嵌下层边，然后将上层边嵌入已有下层边的槽内，剪去高出槽口的槽绝缘，再将槽绝缘折覆（互相重叠不少于3毫米），用压线板压实后，打入槽楔。然后用蜡绳扎紧两端端箍及线圈斜边间的垫块（见图4—45）。垫块片数视线



(a)扎垫块　　(b)垫块形状

图4—45　线圈间垫块扎法

圈斜边间的间隙而定，对于线圈端部稍有变形者，在扎蜡绳时须注意调整。

当嵌到最后一节距的线圈时，须将最初一个节距的线圈上层边用布带一只一只吊起，吊起时操作要细致，两边用力应均匀，以防止线圈绝缘受损。吊起高度以不防碍最后节距线圈的下层边嵌入为宜。嵌好下层边后，即将吊起线圈逐一放下，嵌入相应节距槽中。

开口槽线圈的嵌装与上述方法相似，但由于线圈经过绝缘处理，漆胶在室温时较脆，因此嵌线以及吊起与放下线圈时，须将线圈加热(一般加热到80～90℃)，使线圈绝缘较柔软，便于操作，并可使线圈的绝缘不致受伤。加热方法一般是将线圈通入低压电源（为线圈额定电流1.5倍左右)。开口槽线圈嵌装后若不再进行浸渍处理，则嵌线时所用的绝缘纸板、垫块、扎绳等，均应预先进行浸漆处理，以减少它们的吸潮性。

对于第一节距线圈上层边的吊起和嵌装工作，是成型绕组嵌装最重要的环节，必须仔细地进行，防止线圈绝缘受伤。对高压线圈尤其要注意，必须待线圈热透后绝缘较柔软时，才能进行吊放。

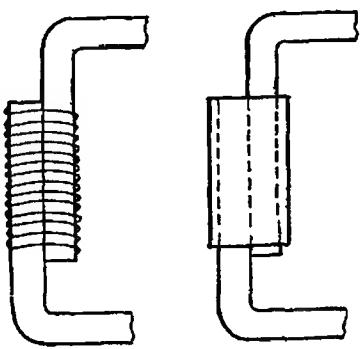


图4—46 成型绕组接头

由于成型绕组嵌装时，端部绑扎工作量大，为了保证绝缘良好，避免返工，可在每嵌若干线圈后进行耐压试验一次，待全部嵌好后，再整个进行试验。

(四)焊接

成型绕组接头的焊接和散装绕组相同，但由于成型绕组的导线较粗，在导线线头预先搪锡清理干净后，须用细导线扎紧，或用并头套夹紧，然后涂焊剂焊接(见图4—46)

第七节　绕线式转子绕组的全部拆换

绕线式转子绕组的全部拆换，除了考虑绝缘问题外，还要考虑机械方面的问题，即转子的离心力和平衡问题。转子在制造出厂时一般都经过校平衡(包括静平衡和动平衡)，以保证稳定地运行。因此，修理时，不要轻率地更改转子的引出线、风叶片和线圈位置，以免影响转子平衡，产生振动现象。转子绕组修复后，端接部分要按原要求进行绑扎，以保证受离心力作用时，绕组不致产生变形或位移而损坏绝缘。

绕线式转子绕组，小型的一般采用双层迭绕，个别的也有采用同心式的。线圈由绝缘圆导线绕制而成。这种绕组的拆换方法，除端部绑扎和校平衡外，其它和小型定子绕组相似。在本节中不再详细介绍。大、中型绕线式转子绕组，一般都采用单匝波形线圈，由扁铜导条弯制而成。这种绕组联接原理和方法已在第二章详细叙述，拆换工作步骤可参考表4—19。

表4—19　　波形转子绕组拆换步骤

序号	工作步骤	工具及设备
1	拆线准备工作： ①将转子搁在支架上； ②检查损坏情况； ③记录绕组数据及绘制草图。	支架
2	旧绕组拆除： ①拆除端部绑扎线； ②熔开接线和并头套； ③抽出扁钢导条。	烙铁或喷灯、弯形工具
3	扁钢导条重新绝缘： ①扁钢导条退火和整理； ②扁钢导条两头重新搪锡； ③扁钢导条重新绝缘。	包绝缘工作台烘压模焊锡锅
4	嵌线准备工作： ①清理铁芯； ②扎支架绝缘； ③垫槽绝缘。	
5	嵌线： ①插入下层扁铜导条，并弯出端部形状； ②层间绝缘； ③插入上层扁铜导条并弯出端部形状。	弯形工具
6	检查试验： ①检查端伸长度和调整绝缘布置情况； ②耐压试验。	摇表、试验变压器
7	并头与焊接： ①安装并头套和风叶片； ②焊接； ③接引出线。	锡焊设备
8	检查试验： ①检查绕组连接情况； ②检查焊接质量； ③耐压及三相平衡电流试验。	电桥、试验变压器
9	端部绑扎： ①绝缘； ②扎钢线箍； ③搪锡。	扎钢丝设备烙铁
10	检查试验： ①检查扎钢丝质量及尺寸； ②耐压试验。	试验变压器
11	绝缘处理： ①浸漆烘干； ②端部喷灰磁漆； （注意转子应立着滴漆与烘干）	浸漆与喷漆设备
12	试验： ①耐压试验； ②电阻测量； ③校平衡。	电桥、试验变压器、校平衡设备

绕线式转子绕组拆换有关问题说明如下：

一、旧绕组的拆除

首先将转子搁在牢固的支架上，检查绕组尺寸及损坏情况，详细作好记录，并绘制必要草图。然后拆除端部钢丝箍，如果绑扎钢丝不能回用，可錾断拆除；如能回用，应用烙铁化开扣片焊头，将钢丝回绕在木制的绕线盘上。将来使用时，可将钢丝加热到200℃左右(通电或明火加热)，用揩布裹以松香，擦去焊锡渣和污物(或用刀子刮净)，然后重新镀锡或搪锡。

钢丝箍拆除后，用烙铁或喷灯化开所有并头套，并将并头套、铜楔、风叶片上的焊锡渣清除干净，保存备用。

抽出扁铜导条从第一槽上层边开始，并在第一槽左侧和右侧齿顶处标上记号，每相的首末端也同样作好标记，然后用特

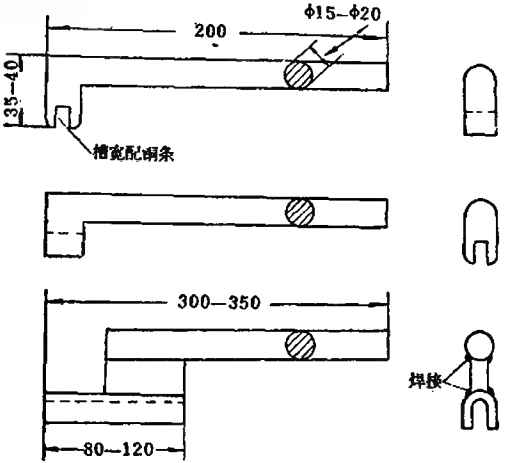


图4—47　弯形工具(扳手)

制的弯形工具(见图4—47)将出线侧的扁铜导条端部扳直,从进线侧将导条拔出,同时记下不同导条的尺寸。上层边导条抽出后,用同样方法抽出下层边导条,并记下不同导条尺寸。

如果导条在槽中卡死,须检查原因后再拔。若因绝缘脏物塞死,可将导条通电加热,烧去绝缘再用力拔出。

由于扁铜导条在拆除过程中,多次弯曲而变硬,因此应将其作退火处理,即将铜条加热到400℃左右后迅速浸入水中冷却。

退火处理后,刮去废旧绝缘和污物,有条件的可酸洗一次,然后按原样校正。

损坏的导条最好更换新的,若没有适当的材料,亦可将损坏导条用银铜焊接修补(不能用磷铜料修补)。

二、扁铜导条重新绝缘

在制造厂扁铜导条绝缘,一般是采用绝缘纸(胶木纸或云母纸)在专用卷烘机上卷烘的。修理时,没有这种专用设备,可用下列方法:

将绝缘纸宽度剪成比导条直线部分的长度短10毫米,绝缘纸长度视所需的绝缘厚度而定,并在绝缘纸的一边(见图4—48),剪去10毫米宽的斜边,使在卷包后成圆锥体。

将剪好的绝缘纸和扁铜导条放在图4—48所示的工作台上。这个工作台是一块平滑木板,板的一端钉有平滑的支撑条。若考虑耐用,可将其包上一层白铁皮。

首先在扁铜导条直线部分的一面,刷以胶粘漆(如酚醛胶),

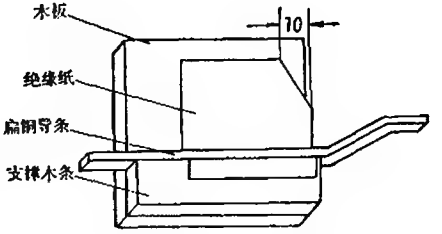


图4—48　包绝缘纸工作台

从刷漆的一面开始包绝缘纸。绝缘纸从宽的一边开始包，以构成正圆锥体。这样一边刷胶粘漆，一边卷包，包到最后，在外面再包一层电话纸。在卷包时，必须包紧。绝缘厚度参考原来尺寸；也可以根据槽形尺寸确定，即宽度小于槽宽0.7毫米，高度(两根扁铜导条)小于槽高0.8～0.9毫米。

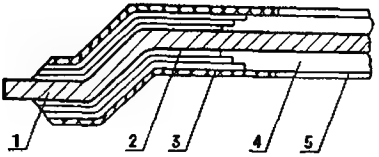
绝缘纸包好后，须在图 4—42 所示烘压模上进行烘压。烘压温度为150±10℃，时间约7～8分钟。绝缘导条热压后，尚须经过冷压，使尺寸稳定。冷压到温度低于40℃时，即可取出。

烘压后，检查线圈是否有气泡发黄现象，以及线圈的绝缘尺寸是否符合要求。烘压模使用后必须随时清除干净。

绝缘导条烘压好后，在其两端半叠包云母带数层，在外层再包一层白纱带或玻璃丝带。端接部分绝缘的两端各长10毫米的反圆锥搭接在直线部分的绝缘上，如图 4—49 所示。当电压小于 300 伏时，端部绝缘只需半叠包一层白纱带或玻璃丝带。

如上述绝缘纸供应困难，可用下列材料替代。

500伏以下的转子扁铜导条，可用黄蜡布或玻璃漆布卷包，



1—扁钢导条　2—绝缘带(云母带或漆布带)　3—玻璃丝带(白纱带)　4—绝缘纸(云母纸)　5—电话纸

图4—49　扁铜导条端部绝缘结构

漆布外面半叠包一层白纱带或玻璃丝带。然后进行浸漆处理(参考第四节)。烘干后,用熨斗熨平整。在50～60℃时，将其表面涂上一层石蜡，以便以嵌装。

500伏以上的转子扁铜导条,全长用0.13毫米的云母带半叠包数层，包到一定尺寸后,在槽内部分用0.2毫米厚的云母纸卷包，云母纸的层数在750伏以下用2层，1000伏以下用3层，1000伏以上用4层。为了加强机械保护，最后再半叠包一层电话纸。在包扎云母纸时，必须同时用热熨斗熨平整，并用干净布揩去杂质灰尘，在导条的端部云母带表面可半叠包一层黄蜡绸带。导条直线部分须用烘压模烘压，使其尺寸准确。

三、嵌线

绕线式转子单匝波绕组嵌装，除符合联接原理以外，在工艺方面还必须注意以下有关问题。

(一)绕组绝缘

这种绕组绝缘包括槽绝缘和端部支架绝缘。绕组的对地绝

缘包卷在导条上，槽内青壳纸或聚脂薄膜复合青壳纸，卷成绝缘套，仅作插导条时防止擦伤导条绝缘之用。支架的绝缘与绕组工作电压、绝缘等级有关。包扎方法决定于支架结构形式，修理时，可按原样修复，或参考下述方法进行：

图4—50的支架为一个环固定在筋上，先在环的周围涂上绝缘漆，包白布带或玻璃布带。然后包主绝缘若干层（玻璃漆布带或云母带），外面再半叠包一层白纱带或玻璃丝带作保护层。图4—51的支架上有浅槽，在槽内涂绝缘漆后，在整个周围上缠以宽于支架三倍宽度的白布带或玻璃布带。缠绕时使白布带或玻璃布带在支架两侧垂下同样宽度，并用蜡绳将布带扎紧于浅槽上。扎绳上刷绝缘漆后，包以绝缘纸板（厚1—2毫米，宽较支架宽10～15毫米），每包一层刷一次绝缘漆，一直包到所需

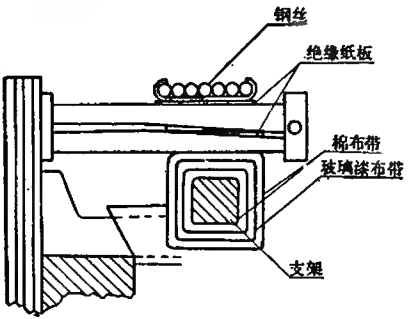


图4—50　绕线转子端部支架绝缘

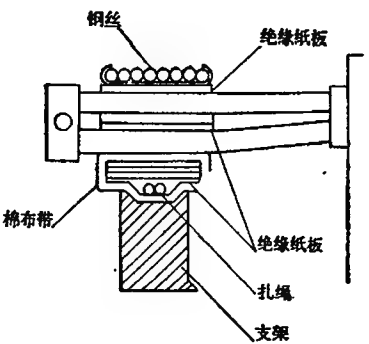


图4—51　绕线转子端部支架绝缘

的绝缘高度后，将白布带两边用剪刀剪开，包住纸条，并用粘胶漆粘牢。

(二)插导条

根据原来拆线时记录的资料和标记，从第一槽开始，依次先插入下层边导条，再插上层边导条。由于导条一端已弯形，因此第一个线圈导条不能插入过深，以免影响最后一个线圈导条难以插入(见图4—52)。待最后一个线圈导条插入槽内后，再将全部线圈插到规定位置。然后在弯形的一端加一道临时扎线，用弯形工具弯出另一端的形状。弯形时，须用一个夹子护住端伸的直线部分，另一个夹子进行弯形。由于导条相并排列，开始几个线圈导条只能弯出不大的角度(见图4—53)，然后将每个导条弯到所需的斜度，再弯接线头。全部弯好后，用木锤轻敲导条，使其紧贴槽底与支架。然后拆下临时扎线，在下层边端部包上绝缘纸板及玻璃布带，在槽内垫入层间绝缘条，然后进行上层边导条的插入及弯形工作。两端加临时扎线，并打入槽楔。

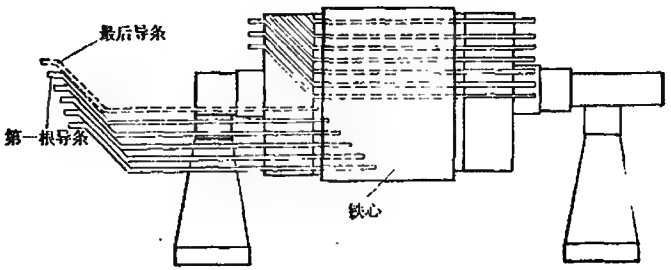


图4—52　导条插入铁芯示意图

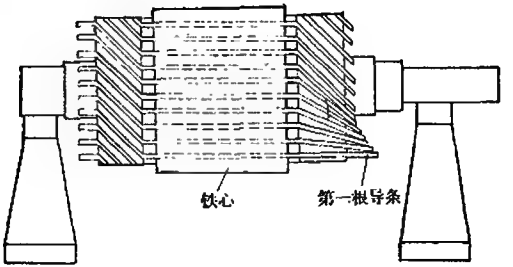


图4—53　开始弯端伸情况

四、并头及焊接

将原拆下并头套、铜楔、风叶片清理干净重新搪一次锡。按原记录资料和接线图，套上并头套，用钳子夹紧，并打入铜楔，如图 4—54 所示。风叶片应按记录资料照原样装上，先将风叶片放入并头套内，然后套到导条上。并头套上的圆孔用以

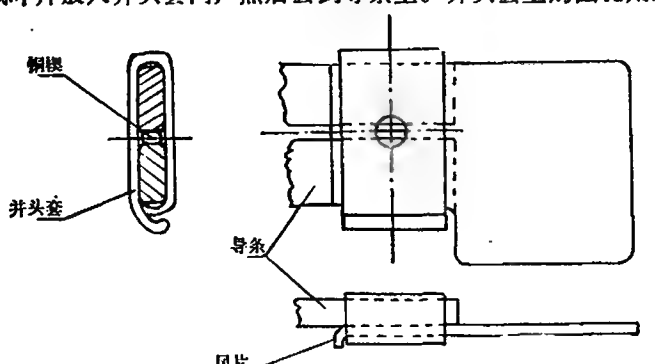


图4—54　绕组导条并头

检视套内焊料是否填满。

井头套的焊接，一般用锡焊。可采用烙铁加热或浸焊方法。修理量少可采用图 4—55所示的扇形斗盛焊锡液，分段进行浸焊。

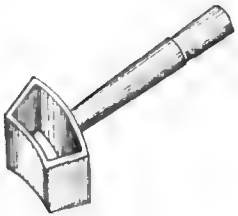


图4—55 扇形斗

为了避免超负荷时，焊料熔化甩出，有的转子采银铜或磷铜焊接。焊接时，应注意保护线圈绝缘不受高温烧坏。

五、端部绑扎

转子绕组经过局部或全部拆换之后，端部必须重新绑扎，以防止绕组因离心力作用而发生位移。小型低速转子可用蜡绳或布带扎紧；大中型转子，一般用钢丝或环氧树脂无纬玻璃丝带扎紧。

扎钢丝，在制造厂是在专用扎钢丝机床上进行的，修理单位可用普通机床或用简易的木制机构进行。如图4—56所示，使用时，转子放在牢固的支架上，用手柄转动转子，绑扎用钢丝可用紧线器(外线电工用的紧线工具)来调整拉力。

扎钢丝前，将扎钢丝部位的线圈之间的空隙用绝缘块塞紧，再在外表面上参照原绝缘方式垫云母纸及绝缘纸板，用布带缠牢。绝缘宽度应照扎好的钢丝每边多出2—5毫米。

钢丝的直径、匝数、宽度和排列布置方法都应按原样修复。不要任意改动。若材料供应困难，需要更换不同直径的钢丝时，为了保持绑扎钢丝部分的强度不变，可采用下列公式进行换算：

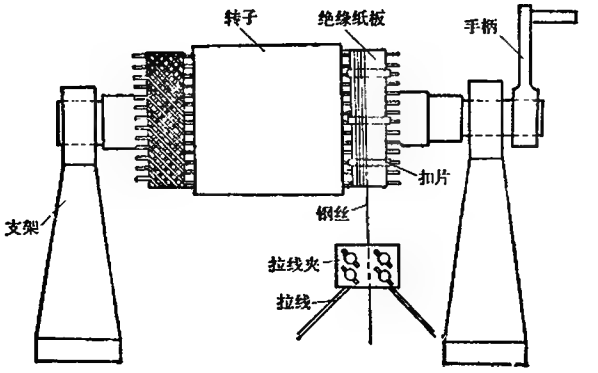


图4—56　扎钢丝示意图

$$W_2 = W_1\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 \qquad (4—9)$$

式中：d_1及W_1为原绑扎钢丝的直径和匝数；

d_2及W_2为更换后的钢丝的直径和匝数。

例如，原绑扎宽42毫米，由1.2毫米直径的钢丝扎成，共35匝。若改为1.5毫米直径的钢丝来绑扎，则更换后的钢丝匝数按(4—9)式计算：

$$W_2 = W_1\left(\frac{d_1}{d_2}\right)^2 = 35\left(\frac{1.2}{1.5}\right)^2 = 22\text{匝（有效匝数）}$$

绑扎宽度为：$1.5\times(22+1)=34.5$毫米。

但应指出：异步电动机气隙较小，如改用直径较大的钢丝时，应考虑到是否会引起定子绕组与转子相擦的可能。一般钢丝的外径应比转子铁芯外径低2—3毫米。

开始扎钢丝时，将钢丝的一端固定在临近铁芯的楔键上，如图4—57(a)所示(楔键插入通风槽内)。或用特制的铁皮扣固定在临近的铁芯槽上，如图4—57(b)所示。在拉力不大的情况下绕上几圈，然后调整拉力，开始正式绑扎。拉力大小可参考表4—20

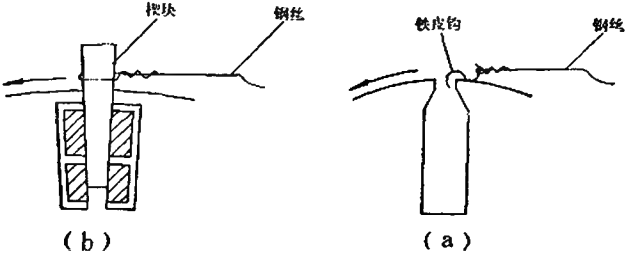


图4—57　钢丝始端的固定方法

表4—20　　钢　丝　常　用　拉　力

钢丝直径(毫米)	1.0	1.5	2.0
拉　　力(公斤)	50—60	100—120	180—200

绑扎时，按原来扣片数，在圆周均匀分布。钢丝起端和末端应固定好，如图 4—58 所示。绑扎完毕后用烙铁和焊锡焊成

(a)首端扣片

(b)末端扣片　　(c)中间扣片

图4—58　钢丝箍扣片(扎钢丝方向自左向右)

一个整体。

扎多层钢丝箍时，应在扎好第一层后，弯好扣片，全部锡焊好，才开始扎第二层。第二层扣片不应与第一层的扣片重迭，以免扣片部分外圆凸出太多，第二层的匝数应比第一层少3—4匝，使扎线边缘不致滑脱。第二层拉力应比第一层拉力减少10%，不然离心力完全由外层承受。如扎第三层时，同样应将拉力和匝数比第二层减少。

近年来，我国电机制造厂采用环氧树脂无纬玻璃丝带代替绑扎钢丝。这种胶带既柔软又不粘手，是一种不导电的高强度的非织品。其主要性能如表4—21所示。

表4—21　　无纬玻璃丝带

	数据		数据
宽度	10～50毫米	抗张强度	室温，10000公斤/厘米^2 130℃，6500公斤/厘米^2
厚度	0.17±0.03毫米	延伸率	1—2%
含胶量	25～28%	耐温等级	B级

修理时，若采用这种胶带绑扎转子，扎箍宽度和厚度可按原钢丝箍尺寸。绑扎好后，将转子浸漆烘焙，使胶带受热固化。

对于转速高的转子，最好预扎一次，以保证绑扎质量。

六、校平衡

为了保证转子平稳地运行，更换线圈的转子仍应校平衡。平衡方法有静平衡和动平衡两种，根据转子铁芯长度(l)、直径

(D)、和圆周线速度($u=\pi Dn$ 米/秒)来选择。具体条件如下：

(1) 当 u<6米/秒时，不论 l/D 的大小如何，都不校动平衡，只校静平衡；

(2) 当 u<15米/秒，$l/D<\frac{1}{3}$，且电机系安装在坚固的混凝土基础上运行时，可只校静平衡；

(3) 当 u≥15米/秒，$l/D\geqslant\frac{1}{3}$时，必须校动平衡；

(4) 当 u>20米/秒，$l/D>\frac{1}{6}$时，必须校动平衡。

(一)静平衡校验

静平衡校验在平衡架上进行，平衡架由两根成水平的平行导轨组成，将轴颈部分放在导轨上滚动，导轨须坚硬光滑平整。图4—59中的导轨是用淬火后磨光的轴；当转子重量较轻时，导轨用较薄的刃口；较重时，用相当宽(约50毫米)的方钢条淬火磨光做导轨；其目的是尽可能减少滚动时的磨擦阻力，以增加校验的准确性。

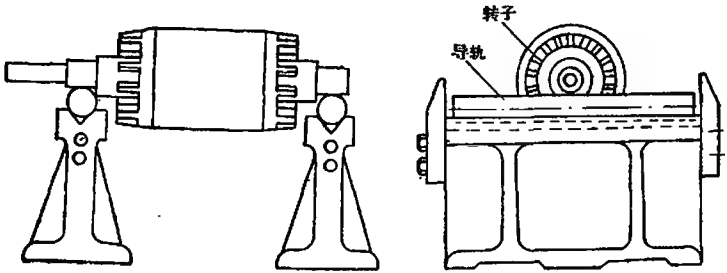


图4—59 平行导轨组成的平衡架

平衡校验开始前，将导轨间距离调整好（相当转轴两端轴承挡距离），把导轨擦干净，并调到水平。如果转子两端轴颈大小不等，则须用垫铁放在平行导轨下，使转子轴中心线水平。转子应已装好内风扇及滑环等零部件（外风扇及在端盖外的滑环则不应装上，而必须单独校平衡）并将轴颈部分清洗干净，然后把转子放在导轨上。假设M为代表转子偏心的不平衡重量（见图4—60），当转子自由地放在平衡架上时，M必将促使转子在导轨上滚动，直到M处于最低的位置为止。这样我们可以肯定不平衡重量的位置。如在与M对称点上加适当重量N后，转子停在任一位置都不会自行转动，平衡试验即告结束。这种方法较简单，但误差亦较大，因为磨擦阻力始终是不可忽视的因素。当转子转速在1000转/分以上时，由磨擦阻力而引起的不平衡重量误差，所引起的离心力，可能达到转子本身的重量。为了消除磨擦阻力的影响，可采用另外一种校静平衡的方法，校验步骤如下：

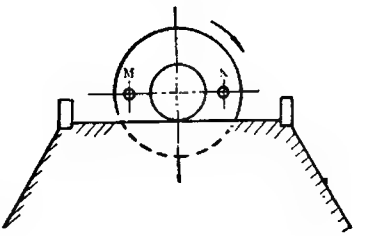


图4—60　平衡原理

（1）首先让转子自由转动，找不平衡重量M的方向，即转到稳定后的最低点；

（2）使不平衡重量M通过中心在水平面上，然后在对面转子半径上加一适当重量N（见图4—61a）使转子按箭头方向转动某一小角度（30°～35°）；

(3) 将转子转过180度，使不平衡重量M和试加重量N的中心线在一水平面上(见图4—61 b)，在N的地方加上适当重量P，使转子按箭头方向转动等于第一次转动的角度。二次转动的方向应一致，这样可以补偿导轨水平偏差的影响；

(4) 按下式算出应加的平衡重量Q：

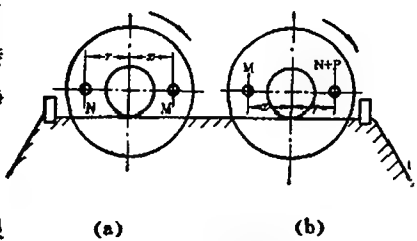
$$Mx - Nr = (N + P)r - Mx$$

$$Mx = \frac{(2N + P)r}{2}$$

若重量符合平衡要求，则 $Qr = Mx$

因此，$Q = \frac{2N + P}{2} = N + \frac{P}{2}$

以所求得的重量Q，代替试加重量，固定在N处，或将Q平均安装于转子两端相当N位置处。静平衡校验即告完成。



(a) (b)

图4—61 静平衡方法

(二)动平衡校验

动平衡校验的方法很多，现在制造厂普遍采用动平衡机校验，质量可靠而且工效很高，但这种设备费用高，修理单位校动平衡的工件不多，添置此项设备不合算，最好委托制造厂代为校验。各种动平衡机一般都附有详细的使用说明书，可供工作者参考。

第五章　三相异步电动机定子绕组的简单计算

伟大领袖毛主席教导我们："**对情况和问题一定要注意到它们的数量方面，要有基本的数量的分析。**"第四章我们谈到在拆除旧绕组的时候，一定要详细地记录原绕组数据，并且在一般情况下，应照原绕组数据重绕修复，不要轻易地改动，否则不符合原设计要求，将会影响电动机性能。但是如果遇到有些废旧电动机既无名牌又无绕组，只有一个空铁芯；或者在生产实践中发现某些电动机的性能有显著的缺点，必须进行改装；或者由于生产需要，要求改变电动机的转速，必须更改定子绕组。在这些情况下，为了使重绕或改制后的电动机能满足生产上的要求，就必须进行一些必要的分析和计算，以便做到"**胸中有'数'**"。

本章内容，是从已知的定子铁芯基本尺寸着手，采用简单的计算公式和经验数据，计算出主要的绕组数据和电动机的大致容量。通过这些简单计算，便可以对一般电动机进行重绕或改制。

第一节　绕组匝数的计算

三相电机中每相绕组的匝数，主要由气隙磁通与工作电压

来决定。对于异步电动机来说，绕组切割旋转磁场的气隙磁通所产生的感应电势，和外加的工作电压方向相反而大小大致相等，我们先从感应电势的讨论入手。

一、感应电势公式

异步电机三相定子绕组通入三相电流时，产生旋转磁场，如图5—1所示。旋转磁场的转速为 $n_1 = 60f/p$。旋转磁场切割定子绕组，就在绕组中产生感应电势。感应电势E的大小，与每相绕组串联匝数W_1、每极气隙磁通ϕ以及磁场转速n_1成正比，当电机的极对数已定时，n_1随频率f而变，因此E亦随f而变。可写成下列公式：

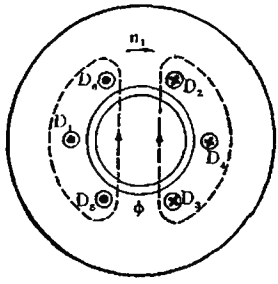


图5—1 三相电流产生的磁通

$$E = 4.44K_{dp}fW_1\phi \times 10^{-8} \qquad (5—1)$$

式中：E——每相感应电势(有效值)，伏；

K_{dp}——绕组系数，其计算方法在下段说明；

f——电源频率，赫；

W_1——定子绕组每相串联匝数；

ϕ——每极气隙磁通，马克斯韦(简称马)；

4.44——比例常数；

10^{-8}——单位换算系数。

在异步电动机中，定子绕组的感应电势E和外加电压的方

向基本相反，而E的大小等于外加电压减去绕组的阻抗压降。习惯上用下列公式表示，

$$E = K_E \cdot U_\phi \qquad (5-2)$$

式中：U_ϕ——外加电源相电压，伏；

K_E——压降系数。

压降系数值小于1，计算时根据电机容量可参考表5—1选取。

表5—1　　压　降　系　数　K_E

电动机容量P	小　型	中　型	大　型
压降系数K_E	0.86	0.90	0.91

将式（5—2）代入式(5—1)，得

$$K_E U_\phi = 4.44 K_{dp} W_1 \phi f \times 10^{-8} \qquad (5-3)$$

式中代表符号的说明见式(5—1))和式(5—2)

二、每极磁通 ϕ

在电动机空气隙中，每极主磁通基本上是按正弦分布的，如图5—2所示。图中B_g为正弦波上最大磁通密度，B_p为其平均值，它们的关系为：

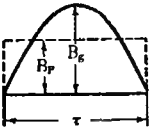


图5—2　正弦波磁通

$$B_p = \frac{2}{\pi} B_g = 0.637 B_g \qquad (5-4)$$

每极的主磁通ϕ等于平均磁通密度B_p乘以每极的面积，即：

$$\phi = B_p \tau l = 0.637 B_g \tau l \qquad (5—5)$$

$$\tau = \frac{\pi D_i}{2p} \qquad (5—6)$$

式中：ϕ——每极主磁通量，马；

B_g——气隙磁通密度，高斯；

τ——极距，照式(5—6)计算，厘米；

D_i——定子内径，厘米；

l——定子铁芯长度（有通风槽者须减去通风槽长度），厘米；

p——极对数。

上式系假定铁芯磁路未饱和的情况。气隙磁通密度B_g的选取是否恰当，对电动机的性能和成本影响很大。开始计算时可参考表5—2。

表5—2　　三相异步电动机的气隙磁密(高斯)

电机型式 \ 极对数 P	1	2	3	4
开启式	6300—7500	7000—8000	7000—8000	7000—8000
封闭式	5000—6500	6000—7500	6000—7500	6400—7400

上表中的数值，电机容量较大者取较大值，容量较小者取较小值。1瓩以下的电动机则比表列数值更低，一般约为4000—6000高斯。

选取气隙磁密时，还须考虑气隙尺寸的大小。如气隙尺寸

符合表5—3或公式(5—7)的规定，则照表5—2选取气隙磁密，基本上能达到电机的性能要求。但在修理的旧电机中，往往遇到气隙过大的情况，此时必须适当降低磁通密度，以保证电动机的空载电流不致过大和功率因数不致过低。

计算空气隙尺寸的经验公式：

$$g = 3(4 + 0.7\sqrt{D_i l}) \times 10^{-2}，毫米 \qquad (5—7)$$

式中：g——气隙尺寸，毫米；

D_i——定子铁芯内径，厘米；

l——定子铁芯长度，厘米。

一般三相异步电动机的气隙长度可参考表5—3。

表5—3　　三相异步电动机的气隙长度(毫米)

电动机容量(瓩)	0.2以下	0.2至1.0	1.0至2.0	2.5至5	5至10	10至20	20至50	50至100	100至200	200至300	300至500
2　极	0.25	0.3	0.35	0.4	0.5	0.65	0.8	1.0	1.25	1.5	2.0
4至8极	0.2	0.25	0.3	0.35	0.4	0.4	0.5	0.65	0.8	1.0	1.5

例题5—1　封闭式四极电动机，定子铁芯内径D_i=110毫米，铁芯长度l=115毫米，求每极磁通为多少？

(1)极距　$\tau = \dfrac{\pi D_i}{2p} = \dfrac{3.14 \times 11}{4} = 8.63$厘米

(2)由表5—2选取B_g=6000高斯

(3)每极主磁通为

$$\Phi = 0.637 B_g \tau l = 0.637 \times 6000 \times 8.63 \times 11.5$$
$$= 3.79 \times 10^5 马$$

三、绕组系数

在第二章中我们曾经讨论过，一般电机定子绕组中，每极每相的绕组（极相组）分布在几个槽中，而且一般双层绕组都采用短距。由于极相组分布在几个槽中和绕组短距的原故，影响绕组中感应电势降低。因此绕组系数K_{dp}常小于1。具体分析如下。

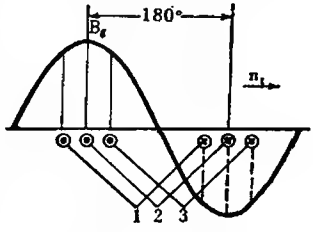


图5—3 分布绕组（q=3）

（一）分布系数

图5—3为一个极相组的分布情况（每极每相槽数q=3），气隙主磁场的磁通密度的分布一般为正弦波形，如图中曲线所示，此磁场又在不停地旋转，在图示的瞬间，线圈2的两个线圈边都切割着气隙磁密最大值B_g，线圈1和线圈3的线圈边切割的气隙磁密都小于B_g，所以线圈1、3的感应电势也比线圈2的电势小一些。这说明三个相邻槽中的线圈串联起来所得到的合成电势，将小于这三个线圈集中放在一个槽中串联起来所得到的合成电势，或者说，由于极相组分布在几个槽中，使电势打了折扣，通常用分布系数K_d表示这个折扣的大小。每极每相槽数q越大，分布系数K_d就越小，但当q大于6时，分布系数就趋近于一个常数，如表5—4。

每极每相槽数q可按第二章公式（2—2）计算。一般电动机中q都是整数。如遇到分数槽时，先将带分数化成假分数，然

表5—4　　分　布　系　数 K_d

每极每相槽数 q	1	2	3	4	5	6	7以上
分布系数 K_d	1.0	0.966	0.96	0.958	0.957	0.956	0.956

后按照假分数中的分子数值去查表5—4。例如：$q=1\frac{1}{2}=\frac{3}{2}$，由表5—4中q=3时，查得 $K_d=0.96$，即是 $q=1\frac{1}{2}$ 时的分布系数。

(二)短距系数

在第二章第三节中我们曾经讨论过，定子的双层绕组一般都采用短距，即$y<\tau$，以节约导线和改善电机性能。但事物总是一分为二的，采用短距后，绕组感应电势将会有所减小。图5—4表示一个绕组元件(线圈)的节距。在图示的瞬间可以看出，全距线圈 ab_1，的两个线圈边在两个极下同时切割最大磁密 B_g，而短距线圈 ab_2 则只有一个线圈边切割最大磁密 B_g，而另一个线圈边切割磁密却较小。所以由于短距，线圈的感应电势也将打一个折扣，这个折扣的大小，就是短距系数 K_p。线圈的节距越小，短距系数也就越小。根据每极所占槽数(极距τ)和线圈所

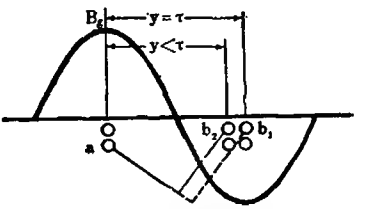


图5—4　短距绕组

表5—5　　短　距　系　数 K_p

线圈跨距 y	每极槽数												
	24	18	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6
1—25	1.000												
1—24	0.998												
1—23	0.991												
1—22	0.981												
1—21	0.966												
1—20	0.947												
1—19	0.924	1.000											
1—18	0.897	0.996											
1—17	0.866	0.985	1.000										
1—16	0.832	0.966	0.995	1.000									
1—15	0.793	0.940	0.981	0.995	1.000								
1—14	0.752	0.906	0.956	0.978	0.994	1.000							
1—13	0.707	0.866	0.924	0.951	0.975	0.993	1.000						
1—12		0.819	0.882	0.914	0.944	0.971	0.991	1.000					
1—11		0.766	0.831	0.866	0.901	0.935	0.966	0.990	1.000				
1—10		0.707	0.773	0.809	0.847	0.884	0.924	0.960	0.988	1.000			
1—9			0.707	0.743	0.782	0.833	0.866	0.910	0.951	0.985	1.000		
1—8				0.669	0.707	0.749	0.793	0.841	0.891	0.940	0.981	1.000	
1—7						0.663	0.707	0.756	0.809	0.866	0.924	0.975	1.000
1—6								0.655	0.707	0.766	0.832	0.901	0.966
1—5										0.643	0.703	0.782	0.866
1—4												0.624	0.707

跨槽数，可由表5—5查得。一般取线圈节距 $y=\frac{5}{6}\tau$ 时，电机的性能较好，在重新计算电机绕组时，可参考此值选取线圈跨距。

（三）绕组系数

分布系数 K_d 与短距系数 K_p 的乘积，称为绕组系数 K_{dp}。绕组系数综合考虑了由于绕组的分布和短距对电势的影响。

$$K_{dp}=K_d\cdot K_p \qquad (5—8)$$

式中：K_{dp}——绕组系数；

K_d——分布系数，由表5—4查得；

K_p——短距系数，由表5—5查得。

例题5—2 一台三相四极异步电动机的定子铁芯为36槽，绕组为单层，求其绕组系数 K_{dp}。若改为两极双层绕组，求其绕组系数。

（1）当为四极单层绕组时：

①每极每相槽数 $q=\frac{Q}{2pm}=\frac{36}{4\times3}=3$

由表5—4查得 $K_d=0.96$

②单层绕组一般都是全距绕组，短距系数 $K_p=1$

③因此绕组系数为

$K_{dp}=K_d\cdot K_p=0.96\times1.00=0.96$

（2）电动机改成两极双层绕组后：

①每极每相槽数 $q=\frac{Q}{2pm}=\frac{36}{2\times3}=6$

由表5—4查得 $K_d=0.956$

②以槽数计算，极距 $\tau_p=\frac{Q}{2p}=\frac{36}{2}=18$。

取线圈节距$y=\frac{5}{6}\tau=\frac{5}{6}\times18=15$。跨距为1—16，由表5—5查得$K_p=0.966$。

③因此绕组系数为

$K_{dp}=K_d\cdot K_p=0.956\times0.966=0.923$。

四、每相定子绕组匝数的计算

我们理解了感应电势公式(5—3)中每个数据的来源和计算方法后，就可以应用此公式计算每相匝数。

$$W_1=\frac{K_E U_\phi\times10^8}{4.44K_{dp}f\phi} \qquad (5—9)$$

因为我国电网标准频率f = 50赫，上式可写成，

$$W_1=\frac{K_E U_\phi\times10^8}{2.22K_{dp}\phi} \qquad (5—10)$$

将式(5—5)和式(5—6)代入式(5—10)，可得：

$$W_1=\frac{pK_E U_\phi\times10^8}{2.22K_{dp}B_g D_i l} \qquad (5—11)$$

式中：W_1——每相绕组串联匝数；

p——极对数；

K_E——压降系数，见表5—1，

U_ϕ——外加电源相电压，伏；

K_{dp}——绕组系数；

B_g——气隙磁密，参考表5—2选取；

D_i——定子铁芯内径，厘米；

l——定子铁芯有效长度，厘米。

从上式可以看出，由于电动机铁芯尺寸 $D_i l$ 是固定了的，因此当电动机极数和额定电压确定之后，对于计算定子绕组匝数起关键作用的是气隙磁密 B_g 的选取。若 B_g 取得过高，绕组匝数可以减少，但增加了铁芯的饱和程度，将增大铁耗，增加空载电流和起动电流；并降低电动机的功率因数 $\cos\phi$。若 B_g 取得过低，绕组匝数要增加，也就将增加导线用量和铜耗，并降低起动转矩。因此，选取气隙磁密时，一定要慎重考虑，根据具体情况选取适当的数值。一般早年出品的电机，由于当时铁芯的硅钢片质量较差和采用A级绝缘材料，气隙磁密取得较低，约5500高斯左右。近年来出品的电机取得较高，如J、JO型异步电动机一般在6000—7000高斯左右，J_2、JO_2型一般在6500—7500高斯左右。容量较大的电动机，可取较大值。封闭式电动机由于散热条件较差，其气隙磁密较同容量的防护式电机要低一些。此外，还要看待修电机的铁芯质量，如果铁芯的硅钢片质量较好，铁芯压装紧凑，B_g 可取较大值；如果铁芯压得不紧不齐，硅钢片看上去质量较差，对这种电机，B_g 应取较小值，甚至小于5500高斯。

通过上述分析，我们了解到气隙磁密 B_g 的大小，对电机性能影响很大，而选取气隙磁密时要考虑的因素也很多，表5—2中所列数值，只是根据一般情况考虑的。对于个别电机，应根据具体情况灵活运用，并在实践中注意总结经验，更好地掌握其中的规律性。B_g 选取得是否恰当，是重绕计算中的关键问题，抓住了这个主要矛盾，一切问题就迎刃而解了。

由公式(5—11)计算出每相串联匝数 W_1。如每相并联路数

为a，则每相绕组匝数$W = aW_1$，代入式(5—11)得：

$$W = \frac{apK_E U_\phi \times 10^6}{2.22K_{dp}B_g D_i l} \qquad (5—12)$$

式中代表符号的说明见公式(5—11)。

并联路数a的选择，根据导线规格和工艺要求来决定。一般小容量电动机采用一路串联(即a = 1)。电机容量较大时，每相电流增大，所需导线面积亦增大，为了避免绕线时并绕根数过多，常采用多路并联。例如在四极电机中，可采用两路或四路并联(即a = 2或a = 4)；在六极电机中，可采用两路、三路或六路并联。并联支路数a，一定是极数2p的公约数。

五、每槽导体数的确定

从上述计算我们得到了每相匝数$W = aW_1$，而每一匝由两根导体组成，所以每相导体数为$2aW_1$，三相总导体数则为$3 \times 2aW_1 = 6aW_1$。如定子铁芯槽数为Q，则每槽导体数Z为：

$$Z = \frac{6aW_1}{Q} \qquad (5—13)$$

式中：Z——每槽导体数；

a——并联路数；

W_1——每相串联匝数，由式(5—11)得出；

Q——定子铁芯槽数。

Z的数值必须是整数，如计算得出的数值不是整数时，应选取相近的整数。如为双层绕组，Z的数值还应是偶数，否则无法均分为上下两层。

在双层绕组中，每一槽中有上下两个线圈边，因此每个线圈的匝数Wy为：

$$Wy = \frac{Z}{2} \qquad (5—14)$$

而绕组线圈总数即等于槽数Q，因此每相线圈数为Q/3。

在单层绕组中，每一槽中只有一个线圈边，因此每个线圈的匝数Wy为：

$$Wy = Z \qquad (5—15)$$

而绕组线圈总数为$\frac{Q}{2}$，因此每相线圈数为$\frac{Q}{6}$。

例题5—3 有一台防护式异步电动机，名牌及绕组数据均已遗失，实测电机定子铁芯的外径D_o为368毫米，内径D_i为230毫米，定子槽数为36，铁芯长105毫米，定子齿高h_s约为30毫米。检查电机铁芯装压紧密，质量较好。若绕组采用Y接法，试求每槽导体数。

由于名牌已遗失，首先要确定电动机极数。可按下列经验公式估算：

$$P = 0.28\frac{D_i}{h_c} \qquad (5—16)$$

式中：P——极对数；

D_i——定子铁芯内径，厘米；

h_c——定子轭高，厘米；

$$h_c = \frac{D_o - D_i}{2} - h_s; \qquad (5—17)$$

D_o——定子铁芯外径，厘米；

h_s——定子齿高；厘米。

根据计算的结果，并参考电机的槽数，选取相近的整数为极对数。一般槽数少则极数宜少；槽数多则极数可多一些。

对于例题中这台电动机来说，按式(5—17)：

$$h_c = \frac{D_o - D_1}{2} - h_s = \frac{36.8 - 23}{2} - 3 = 3.9\text{厘米}$$

按式(5—16)计算极对数：

$$P = 0.28\frac{D_1}{h_c} = 0.28 \times \frac{23}{3.9} = 1.65$$

电动机的极对数不可能为小数，根据定子槽数，选取p = 2，即重绕为四极电动机。

(1)极距$\tau = \frac{\pi D_1}{2p} = \frac{3.14 \times 23}{4} = 18$厘米。

(2)选取气隙磁密B_g。因为铁芯质量较好，且为防护式，由表5—2取$B_g = 7500$高斯。

(3)计算每极磁通Φ：

$$\Phi = 0.637 B_g \tau l = 0.637 \times 7500 \times 18 \times 10.5 = 9.05 \times 10^5 \text{马}$$

(4)求绕组系数。

$q = \frac{Q}{2pm} = \frac{36}{4 \times 3} = 3$，查表5—4得$K_d = 0.96$；采用双层短距绕组，$\tau = \frac{Q}{2p} = \frac{36}{4} = 9$

$y = \frac{5}{6}\tau = \frac{5}{6} \times 9 = 7.5$，取y = 7，跨距1—8。

查表5—5得$K_p = 0.94$

$K_{dp} = K_d \times K_p = 0.96 \times 0.94 = 0.90$

(5)选取压降系数K_E。由于电机铁芯较小，容量不大，由表5—1取$K_E = 0.86$

(6)计算每相串联匝数W_1。

绕组用Y形接法，额定电压为380伏，因此得 $U_\phi = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220$伏

由公式(5—10)得：

$$W_1 = \frac{K_E U_\phi \times 10^6}{2.22 K_{dp} \Phi} \approx \frac{0.86 \times 220 \times 10^6}{2.22 \times 0.9 \times 9.05 \times 10^5} = 104\text{匝}$$

若采用两路并联，即a = 2，则每相总匝数为：

$$W = aW_1 = 2 \times 104 = 208\text{匝}。$$

(7)求每槽导体数Z。由公式(5—13)得：

$$Z = \frac{6aW_1}{Q} = \frac{6 \times 2 \times 104}{36} = 34.67$$

取Z = 34(偶数)

(8)每相线圈个数为 $\frac{Q}{3} = \frac{36}{3} = 12$个

(9)每个线圈匝数，$W_y = \frac{Z}{2} = \frac{34}{2} = 17$匝。

第二节　导线截面积的计算

已知电动机绕组匝数和每槽导体数后，可以根据电机容量 P_H 来计算导线截面积，也可以根据槽面积来选取适当截面积的导线，然后确定电动机可能达到的容量。

一、根据电动机容量计算导线截面

由三相电动机额定功率P_H计算额定电流(线电流)：

$$I_H = \frac{P_H \times 10^3}{\sqrt{3} U_H \eta \cos\varphi} \qquad (5—18)$$

式中：I_H——额定电流，安；

P_H——额定功率，瓦

U_H——额定电压(线电压)，伏；

η——效率，可由名牌上查得；

cosφ——功率因数，可由名牌上查得。

若电机绕组为Y接法时，每相额定电流 $I_\phi = I_H$；

若绕组为△接法时，$I_\phi = \frac{I_H}{\sqrt{3}}$。根据 I_ϕ 求导线截面积：

$$S = \frac{I_\phi}{aN\triangle} \qquad (5—19)$$

式中：S——导线截面积，平方毫米；

a——每相绕组并联支路数；

N——线圈中并绕导线根数；

△——导线中电流密度，安/毫米^2。

电流密度△的大小，对电机性能、出力和绕组成本影响很大。因此合理选取适当的电流密度，就成为我们计算定子绕组的第二个重要问题。若△取得较高，则导线截面S就较小，这样导线较省，下线方便；但在导线长度一定时，绕组电阻较大，损耗增大，效率降低。若△取得较低，则情况正好相反。一般可参考下表选择。

表5—6　　定子铜导线绕组电流密度△(安/毫米^2)

绝缘及封闭型式 \ 极对数P		1	2	3	4
A级绝缘	防护式	5.2～6.5	5～6	4.8～5.8	4.7～5.5
	封闭式	4～4.5	4～5	4～5	4～4.8

表列数值适用于A级绝缘铜导线，若为E级绝缘，上表数值可增加10～20%。如采用铝导线时，由于铝的电阻率比铜大1.68倍，铝导线的电流密度应照铜导线的电流密度值乘以0.60。

在绝缘等级和导线材料相同时，电机容量较大的取较小值，容量较小的取较大值，因为容量较大的电机，散热情况比容量小的电机要困难一些。电动机转速较高时（极对数较少）冷却风力较强，绕组的端线部分亦较长，而防护式电机中损耗所产生的热量，大部分系由冷风吹拂绕组端部带走，因此极对数对防护式电机的散热影响特别显著，极对数少的电机可取较大的△值，极对数多的电机△值必须取小一些。

由上面的分析可知：△值的选取，与电动机的封闭型式、转速、绝缘等级和导线材料有关，此外还须结合铁芯质量、Bg值的大小、负载特性以及电机的工作环境等因素综合考虑。

导线截面积S计算出来后，由附录29可选取相近似的导线d，在选取的导线截面积与计算面积相差较大时，还需根据导线实际截面积重算实际电流密度。

导线的直径过大时，导线亦较硬，影响嵌线不方便。因此，计算出来的面积S较大时，应考虑用几根较细的导线并绕，以代替一根较粗的导线。生产实践的经验：对*5机座以下的电机，单根导线直径，最好不超过φ1.25毫米；*6—*9机座的电机，最好不超过φ1.5毫米；导线的并绕根数N最好不超过4根。如果4根的总面积尚不够大，可以增加并联路数a来解决。并联路数a、并绕根数N与每槽导体数Z是互相关联的，可以灵活

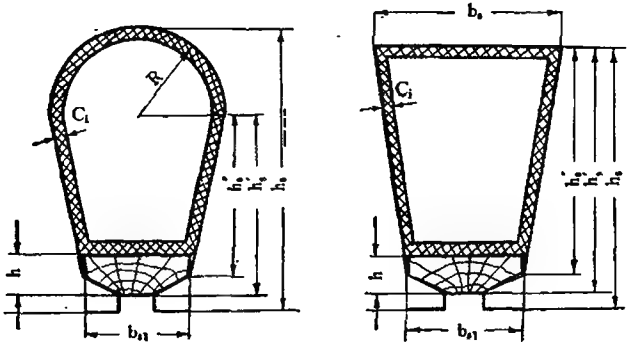
调整，以得到恰当的安排。

选取了导线直径 d 及导线品种后（漆包线，单丝漆包线、或双玻璃丝包线等），尚须核算导线在槽内的槽满率。

从铁芯上测量槽形尺寸（测量方法见第四章第一节）。小型电动机一般都采用圆底的梨形槽，如图5—5（a）所示。在旧式电机中，也有采用梯形槽的，如图5—5（b）所示。槽楔厚度 h 可从拆下的实物测出，如无实物，可参考同类型大小的电动机决定，一般 h 约为2—3.5毫米。槽楔下的槽面积 A_S 计算公式，

梨形槽：$$A_S=\frac{2R+b_{S1}}{2}(h_S'-h)+\frac{\pi R^2}{2}(\text{毫米})^2 \quad (5-20)$$

梯形槽：$$A_S=\frac{b_S+b_{S1}}{2}(h_S'-h)(\text{毫米})^2 \quad (5-21)$$



(a) 梨形槽　　(b) 梯形槽

h——槽楔厚度　　c_i——绝缘厚度

图5—5　槽形尺寸

槽绝缘材料和厚度C_i按电机的工作电压和绝缘等级选择，可参考第四章第三节。单层绕组中槽绝缘所占面积A_i的计算公式，

梨形槽：$A_i = C_i(2h_S' + \pi R)$（毫米）^{2} (5—22)

梯形槽：$A_i = C_i(2h_S' + b_S)$（毫米）^{2} (5—23)

双层绕组中A_i的计算公式，

梨形槽：$A_i = C_i(2h_S' + \pi R + 2R + b_{S1})$（毫米）^{2} (5—24)

梯形槽：$A_i = C_i(2h_S' + 2b_S + b_{S1})$（毫米）^{2} (5—25)

上述各式中符号的代表意义可参考图5—5，单位为毫米。

槽有效面积A为，

$$A = A_S - A_i \tag{5—26}$$

槽满率计算公式：

$$S_f = \frac{ZNd_o^2}{A} \tag{5—27}$$

式中：d_o——导线绝缘后外径，毫米；

N——导线并绕根数；

Z——每槽导体数；

A——槽有效面积，平方毫米。

槽满率S_f是表示导线在槽内填充程度的一个重要参数。小型异步电动机的槽满率通常在75～80%的范围内。槽满率过高将会引起嵌线困难，从而影响嵌线时绝缘容易受损，可能造成绝缘击穿或绕组短路等故障。

修理电机时如发现槽满率过高，可以从三方面采取措施以降低槽满率：

(1) 改变导线品种，如双玻璃丝包线改单丝漆包线或高强度漆包线，以减少导线绝缘外径d_o。

(2) 减薄槽绝缘尺寸，如漆布改为聚脂薄膜，竹制槽楔改为较薄的胶木板槽楔。

(3) 在双层绕组中，可减少每圈匝数并同时改大线圈节距，可使磁密仍保持不变，但电机绕组端部将较长一些，电机性能也可能变得差一些。

如果上述办法仍不能解决问题，就只好减小导线尺寸d，导线截面将减少，若同时提高绝缘等级（如A级绝缘改为E级，或E级改B级），仍可能维持原来电机容量，否则电机容量就可能要降低一些。电机修理后试运行阶段，必须注意检查电机绕组的温升，不得超过规定限度。

二、根据铁芯槽形计算导线截面

在修理旧电机中，有时遇到电机名牌数据遗失，电机容量或额定电流均无法知道。在这种情况下，可以根据定子铁芯槽形来计算导线截面积。

由公式(5—27)得：

$$d_o = \sqrt{\frac{A \cdot S_f}{Z \cdot N}} \qquad (5—28)$$

式中：d_o——导线绝缘后外径，毫米；

A——槽有效面积，由式(5—26)算出；

S_f——槽满率，可取0.75～0.78；

Z——每槽导体数；

N——导线并绕根数。

根据计算得的 d_0 及绝缘导线品种(漆包线或单丝漆包线)，由附录29可查出导线的直径d及每根导线的截面积S_1；

由表5—6选取电流密度△，再求出每相电流I_ϕ；

$$I_\phi = S_1 \cdot N \cdot a \cdot \triangle (安) \qquad (5—29)$$

式中：S_1——导线截面积，(毫米)^2；

N——并绕导线根数；

a——每相并联路数；

△——电流密度，安/(毫米)^2。

估算电动机的额定功率P_H，

$$P_H = 3U_\phi \cdot I_\phi \cdot \cos\varphi \cdot \eta \times 10^{-3} (瓦) \qquad (5—30)$$

式中：U_ϕ——电动机的相电压，伏；

I_ϕ——电动机的相电流，安；

$\cos\varphi$——功率因数；

η——效率；

功率因数和效率可参考同类型电动机选取。

估算出来的功率P_H，当然不可能很准确，须待电动机修好后，在负载时根据温升及性能情况决定其额定功率。

例题5—4 在例题 5—3 中无名牌的防护式异步电动机，已核算为 4 极电机，采用Y接法双层叠绕组，每相 2 路并联，每槽导体数 Z = 34，现在进一步确定其导线规格和电机容量。

(1) 计算槽有效面积。

用白纸印出铁芯槽形尺寸如图5—6。取槽楔厚度h = 3，槽绝缘厚度C_1 = 0.52；

由式(5—21)，$A_s = \frac{b_s + b_{s1}}{2}(h_s' - h)$

$$= \frac{15 + 10}{2}(29 - 3) = 325(\text{毫米})^2。$$

由式(5—25)，$A_f = C_1(2h_s' + 2b_s + b_{s1})$

$$= 0.52(2 \times 29 + 2 \times 15 + 10) = 51(\text{毫米})^2$$

由式(5—26)得有效槽面积A，

$$A = 325 - 51 = 274(\text{毫米})^2$$

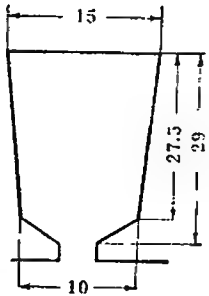


图5—6 电动机槽形

(2) 确定导线尺寸。

本台电动机为内径较大的四极双层绕组，嵌线较方便，但由于梯形槽中导线填充情况较梨形槽差，因此选取槽满率$S_f = 0.76$。又导线直径一般不宜大于Φ1.5，通过试算取导线并绕根数$N = 3$，由式(5—28)得导线绝缘外径d_o为

$$d_o = \sqrt{\frac{A \cdot S_f}{NZ}} = \sqrt{\frac{274 \times 0.76}{34 \times 3}} = 1.44\text{毫米}$$

导线品种采用QZ型高强度漆包铜线，由附录31查得绝缘厚度为0.08(双边厚度)，因此选取Φ1.35。由附录29查得其截面积$S_1 = 1.431(\text{毫米})^2$。

(3) 计算每相电流。

根据本台电动机具体情况，选取$\triangle = 4.5$安/毫米^2，由公式(5—29)可得每相电流I_ϕ：

$$I_\phi = S_1 Na\triangle = 1.431 \times 3 \times 2 \times 4.5 = 38.5\text{安}$$

(4) 估算电动机的功率。

由于三相绕组为Y接法，则$U_\phi = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220$伏，参考相近似的电动机，取$\eta = 0.89$，$\cos\varphi = 0.88$。由公式(5—30)估算电动机的额定功率

P_H：

$$P_{H}=3U_{\phi}I_{\phi}\cos\varphi\cdot\eta\times10^{-3}$$
$$=3\times220\times38.5\times0.88\times0.89\times10^{-3}$$
$$\approx20\text{瓩}$$

第三节　用类比法计算定子绕组

通过上两节的分析，我们可以看出，异步电动机定子绕组的简单计算，主要是解决绕组匝数和导线截面两个问题。这两个问题的解决，牵涉到许多因素，它们既是对立的，又是统一的。

绕组匝数与所接的电源电压直接有关，而导线截面与电动机容量（特别是电流大小）直接有关。在匝数计算中，主要因素是选择气隙磁密Bg；在决定导线截面积时，主要因素是选取电流密度Δ。BgΔ选定后，电动机的电磁负荷与主要性能也就基本确定了。因此，在计算定子绕组时，主要关键是正确选择这两个数据。在同一个电机中，Bg取了较大值，Δ就应取较小值；Δ取较大值时，Bg就应取较小值。要避免两个数据都取较大值，以免电机的损耗增大，效率降低，温升过高，影响电动机的运行性能。

实践出真知。工人师傅们在长期的生产实践中，认识到型式相同、极对数相同、尺寸接近的电动机，它们的电磁负荷也具有接近的数值。因此可按相似原理，用类比法求出空铁芯电动机的绕组数据（绕组匝数、导线直径、电机容量等），简便可靠。具体计算步骤如下：

（1）测量定子铁芯内径D_i'、铁芯长度l'、轭高hc'、槽数Q'。

（2）确定电动机的极对数，按公式（5—16）计算，取近似整数。

（3）选取对比电动机。从附录中找出型式相同（封闭式或防护式）、极对数相同、定子内径D_i、铁芯长度l和气隙g尽可能相接近的电动机作为比较对象。查出对比电机的线圈匝数Wy、槽数Q、导线直径d和容量P_H。对比电机是否取得恰当，是决定计算结果的可靠性的关键因素，必须认真分析选取。

（4）按下列公式计算所需数据。

所求电动机的每个线圈匝数Wy'：

$$Wy' = \frac{D_i l Q}{D_i' l' Q'} Wy \qquad (5—31)$$

导线直径d'：

$$d' = d \sqrt{\frac{D_i' Wy Q}{D_i Wy' Q'}} \qquad (5—32)$$

用此方法计算出来的电机绕组，其绕组型式、接法、并联路线、并绕根数、导线品种和线圈节距，均与对比电机相同。由Wy可知每槽导体数Z'，按公式（5—27）核算槽满率，若槽满率过低或过高，可适当增减导线直径d'。

估算电动机容量P_H'，

$$P_H' = \frac{d'^2}{d^2} P_H \qquad (5—33)$$

上列各式中的代表符号：

P_H、P_H'——电动机容量，瓩；

d、d′——导线直径，毫米；

D_i、D_i'——定子铁芯内径，毫米；

l、l'——定子铁芯长度，毫米；

Wy、Wy′——线圈匝数；

Q、Q′——定子槽数。

其中有“′”的是所求电动机的数据，无“′”的是对比电动机的数据。

例题5—5。一台无绕组的封闭式电动机，用类比法求其绕组数据及容量。

（1）测量所求电机的铁芯数据：定子内径$D_i'=112$；铁芯长度$l'=73.5$；轭高$hc'=18$；槽数$Q'=24$。

（2）确定电动机极对数。

$$P=0.28\frac{Di'}{hc'}=0.28\times\frac{112}{18}=1.74$$

取P=2，即重绕为4极电动机。

（3）从附录12中找出型式相同、极数相同和尺寸相近的对比电动机，为JO型1.7瓩4极，其有关数据查出如下：

JO41—4型、1.7瓩、4极、定子内径Di=110，定子铁芯长度$l=80$，定子槽数Q=36，电磁线为$\phi1.0$高强度漆包铜线，单层交叉链式绕组，1路丫接，每线圈匝数Wy=52。

（4）利用对比法求出：

所求电动机每个线圈匝数Wy′，

$$Wy'=\frac{Di\ l\ Q}{Di'l'Q'}Wy$$

$$= \frac{110 \times 80 \times 36}{112 \times 73.5 \times 24} \times 52 = 83$$

导线直径d′，

$$d' = d\sqrt{\frac{Di'\,Wy\,Q}{Di\,Wy'Q'}}$$

$$= 1 \times \sqrt{\frac{112 \times 52 \times 36}{110 \times 83 \times 24}} = 0.98$$

按标准线规选取Φ1.0 QZ型高强度漆包铜线，每槽导线83根，核算槽满率尚在合理范围内。

因此得出本台电动机的绕组数据：单层链式绕组，每圈83匝，1路丫接，每极6槽，线圈跨距1—6，导线为Φ1.0 QZ型漆包线。

估计电动机容量 P_H'

$$P_H' = \frac{d'^2}{d^2} P_H$$

$$= \frac{1^2}{1^2} \times 1.7 = 1.7\text{瓩}。$$

第四节　异步电动机改变极数的计算

在生产实践中，有时遇到异步电动机的转速与它所拖动的机器设备不相适应，如果不能找到转速适合的电动机，可以采用改变异步电机极数的办法，来改变电动机的转速，使之适应机器设备的需要。

异步电动机的定子绕组和转子绕组的极数必须相同，否则不能产生转动力矩。绕线式转子绕组的极数是固定的，如果定子绕组改变极数时，那么转子绕组也要同时重绕改极，工作量相当大。而鼠笼式转子绕组的极数，随定子绕组极数的改变而

自动变化，由于这个原因，一般只对鼠笼式异步电动机进行改极变速。

异步电动机改变极数计算时，应注意事项分述于下。

一、定转子槽数配合问题

一台经过正规设计制造出来的合格电动机，一般定转子槽数都有良好的配合。这种配合是与极数有关的。因此当电动机改变极数时，应重新考虑定转子槽数的配合是否适用于改变后的极数。如果配合不恰当，就会使电动机产生电磁噪音、振动、起动困难等毛病；严重时甚至根本无法起动或运行时损耗增大，影响电机温升过高。

但是定转子槽配合是一个相当复杂的问题，通常根据理论分析和实践经验得出一些选择的原则和数据，这些原则主要是：

$$\left.\begin{aligned} &Q_1 - Q_2 \neq 0 \\ &Q_1 - Q_2 \neq 1 \\ &Q_1 - Q_2 \neq \pm 2p \\ &Q_1 - Q_2 \neq \pm 1 \pm 2p \end{aligned}\right\} \qquad (5-34)$$

式中：Q_1——定子槽数；

Q_2——转子槽数；

p——极对数。

定转子槽配合的数据如表 5—7，供计算时参考。

表5—7　　鼠笼式三相异步电动机定转子槽数的推荐值

极数(2p)	定子槽数(Q_1)	转子槽数(Q_2)(直槽)	转子槽数(Q_2)(斜槽)
2	18		16,26
	24	(16),32	(18),*20,(30),31,33,34,35
	30	*22,38	(18),20,21,23,(24),37,39,40
	36	*28,44,*46	25,27,29,43,45,47
	42	32,34,50,52	
	48	38,40,56,58	37,39,41,55,57,59
4	24	(32)	16,(20),*22,30,33,34,35,36
	36	*26,44,46,	(24),27,28,30,(32),45,48
	42	(34),(50),52,54	(33),34,(38),(51),53
	48	34,38,56,58,62,64	(36),(39),40,(44),57,59
	60	50,52,68,70,74	48,49,51,56,64,69,71
	72	62,64,80,82,86	61,63,68,76,81,83
6	36	*26,42,(48)	*33,47,49,50
	54	*44,64,66,68	42,43,65,67
	72	56,58,62,82,84,86,88	57,59,60,61,83,85,87
	90	74,76,78,80,100,102,104	75,77,79,101,103,105
8	48	34,62,(64)	35,*44,46,61,63,65
	54		*58,*62
	72	58,86,88,90	56,57,59,85,87,89
	84	66,(68),70,98,100,102,104	(68),(69)(71),(97),(99)(101)
	96	78,82,110,112,114	79,80,81,83,109,111,113

注：(1)表中有*号者，经生产实践证明性能较好，应优先选用。

(2)圆括弧中的槽数，具有较坏的起动性能。

(3)方括弧中的槽数，不能在制动情况下运行。

上述原则和表列数据并不是绝对的。有时不符合表5—7的数值，运行性能也相当好。或者虽然不符合公式(5—34)的原则，但采取特殊措施后，电动机仍能正常运行。不过一般说

来，假如不采取特殊措施，定转子槽配合违反了公式（5—34）的那些原则，那么电机的运行性能将会变坏，因此最好按照表5—7推荐的槽配合来选择改极的电动机。

二、电动机的功率问题

改变电动机极数时，必须考虑到电动机功率将与转速近似地成正比变化，也就是说，当电动机由低速改高速时，电动机的容量可以提高；当电动机由高速改低速时，电动机容量将相应减小。因此在改变电动机极数时，要注意改制后的容量是否适合所配用的机器设备。

三、铁芯有关部分磁通密度的核算

一台正规设计的电动机，铁芯磁路各部分的磁通密度，一般都是安排得比较合理的。这种合理性，主要体现在各部分的磁密都有一个适当的范围，使电动机能有较好的技术经济指标。如近年出品的异步电动机（包括J_2、JO_2在内），定子铁芯齿部磁密Bt一般在16000～17500高斯之间，铁芯轭部磁密Bc一般在12000～15000高斯之间。早年出品的电动机，各部分磁密约低10%左右。

当电动机由少极改成多极时（即高速改低速），由于极距减小，每极磁通也将减小，因此定子轭部磁密将比较低，而定子铁芯齿部磁密可能显得较紧张。当电动机由多极改成少极时（即低速改高速），由于极距增大，每极磁通也将增大，因此定子轭部磁密将比较紧张，而定子铁芯齿部磁密可能比较宽裕。由此

可知，电动机改变极数后，往往会出现某一部分磁密超出一般范围，甚至趋近于饱和状态。因此，在多极改少极时，必须核算轭磁密；在少极改多极时，必须核算齿磁密。

（1）定子齿磁密的核算

定子齿磁密Bt可由下式计算：

$$Bt = \frac{1.57\phi}{\frac{Q}{2p} bt\, l \times 0.92} \text{ 高斯} \qquad (5-35)$$

式中：ϕ——每极磁通，照公式（5—5）计算；

Q——定子铁芯槽数；

p——极对数；

bt——定子齿的宽度，厘米；

l——定子铁芯长度，厘米；

1.57——正弦波系数；

0.92——铁芯叠压系数。

由少极改多极的电动机，利用上式计算出来的齿磁密Bt，一般要控制在18500高斯左右，最多不要超过22 000高斯。如果计算出来的齿磁密过高，可适当增加线圈匝数，以减小Bg和ϕ，使Bt降低到适当的数值。

（2）定子轭磁密的核算

从图5—7可以看出，不论N极或S极，在轭部磁通都是向左

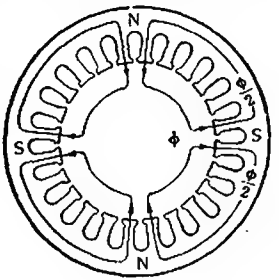


图5—7　定子轭部磁通

右分成对称的两路的。如果每极总磁通为ϕ，则轭部磁通为$\phi/2$，轭部磁密Bc为：

$$Bc = \frac{(\phi/2)}{hc\,l \times 0.92} = \frac{\phi}{1.84hc\,l} \text{高斯} \qquad (5-36)$$

式中：ϕ——每极磁通，照公式（5—5）计算；

hc——定子轭高，照公式（5—37）计算；

l——定子铁芯长度，厘米；

0.92——铁芯叠压系数。

定子轭高hc可以实测，也可以利用下式计算：

$$\left.\begin{array}{ll} \text{梯形槽时，} & hc = \dfrac{Do - Di}{2} - hs \\ \text{梨形槽时，} & hc = \dfrac{Do - Di}{2} - hs + \dfrac{R}{3} \end{array}\right\} \qquad (5-37)$$

式中：Do——定子铁芯外径，厘米；

Di——定子铁芯内径，厘米；

hs，R——槽形尺寸，参看图5—5，单位厘米。

由多极改少极的电动机，利用式（5—36）计算出来的轭磁密Bc，可控制在15000高斯左右，最高不宜超过18000高斯。如计算出来的Bc过高，可适当增加线圈匝数，使Bc降低到适宜数值。

除齿磁密和轭磁密外，重绕所需的其余各项数据的计算，与第一、二节中所述的相同。

但必须指出：异步电动机改变极数重绕线圈后，由于铁芯各部分磁通密度不能都保持在恰当的范围内，因而电动机的效率、功率因数、空载电流、起动电流、力矩和温升等技术性能，

都将有较大的变动。

例题 5 — 6 。今有一台 JO62—6型异步电动机，额定功率P_H = 7瓩，U_H = 380伏，Y 接。定子外径Do = 327毫米，定子内径Di = 210毫米，铁芯长 l = 100毫米，极对数p = 3，定子槽数 Q_1 = 36，轭高hc = 33毫米，双层绕组，每圈匝数Wy = 14。如将其改为四极电动机，计算重绕所需数据及电动机功率。

（1）检查定转子槽配合。查明转子槽数Q_2 = 44；对照表 5 —7，直槽转子 4 极36/44的槽配合起动性能较坏。现有转子为斜槽，尚可采用。

（2）相电压 $U_\phi = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 220$伏

（3）极距 $\tau = \frac{\pi Di}{2p} = \frac{3.14 \times 21}{4} = 16.5$厘米

（4）根据表6 — 2 选取Bg = 7500高斯，每极磁通，

$$\Phi = 0.637 Bg \tau l = 0.637 \times 7500 \times 16.5 \times 10 = 7.9 \times 10^5 \text{马}$$

（5）因为是多极改少极，核算轭部磁密Bc，

$$Bc = \frac{\Phi}{1.84 hc l} = \frac{7.9 \times 10^5}{1.84 \times 3.3 \times 10} = 13000 \text{高斯}$$

计算得的Bc值不甚高，说明所选择的Bg值是可用的。

（6）选用双层叠绕组，由于是 4 极电机，所以极距 $\tau = \frac{Q_1}{2p} = \frac{36}{4} = 9$ 槽，$\frac{5}{6}\tau = 7.5$槽，取线圈节距y = 7，即跨距为1 — 8 槽，查表 5 — 5 得：Kp = 0.94，又 $q = \frac{Q}{2mp} = \frac{36}{2 \times 3 \times 2} = 3$，查表 5 — 4 得：Kd = 0.96。因此绕组系数，Kdp = KdKp = $0.94 \times 0.96 = 0.903$。

（7）计算每相串联匝数：因电动机不大，取K_E = 0.86，

$$W_1 = \frac{K_E U_\phi \times 10^6}{2.22 Kdp \Phi} = \frac{0.86 \times 220 \times 10^6}{2.22 \times 0.903 \times 7.9 \times 10^5} = 119 \text{匝}$$

（8）取并联路数a＝1，计算每槽导体数Z

$$Z=\frac{6W_1a}{Q}=\frac{6\times119\times1}{36}=20$$

根据Z＝20重算每相串联匝数$W_1=\frac{ZQ}{6a}=\frac{20\times36}{6\times1}=120$。

（9）每相线圈数为：$\frac{Q}{3}=\frac{36}{3}=12$个。

（10）每个线圈匝数为：

$$W_y=\frac{3aW_1}{Q}=\frac{3\times1\times120}{36}=10匝$$

（11）改为4极后电动机输出功率：

已知每槽导体数Z，照第二节所述方法，测出槽形有效面积后，可以求出导线直径d及功率P_H。

如旧绕组未拆除和槽形面积未测出时，也可以根据已算出数据进行估算。

由于原来每个线圈匝数为14，而改制后每个线圈匝数为10；匝数减少了，导体截面可以放大一些，放大的倍数与匝数减少的程度相对应，也就是放大$\frac{14}{10}\approx1.4$倍。导体截面放大后，电流与电动机功率也可增大1.4倍。原来为7瓩，因此改成4极后的电动机功率为：

$$P_H=1.4\times7=10瓩$$

第五节　单绕组多速异步电动机的简单计算

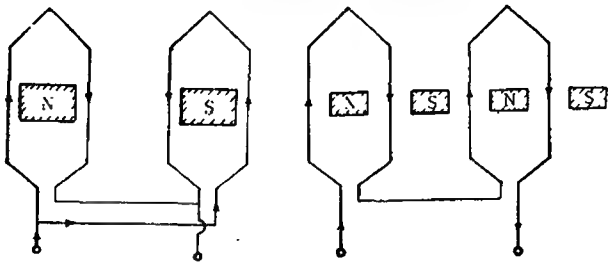
在机床、轧钢、起重、纺织等生产设备中，使用着我国现行生产的JDO_2系列单绕组多速异步电动机。它是从普通JO_2系列异步电动机派生出来的。跟JO_2系列电机一样，只具有一套

定子绕组，通过改变引出线的接法，就能改变电动机的转速。

在蓬勃发展的技术革新和技术革命运动中，为了改进和革新某些机械设备，需要双速或三速电动机而购买不到时，也可以通过拆换定子绕组变换绕组极数的方式，将单速异步电动机改制成所需要的多速电动机。

一个定子绕组能否有几个极数呢？我们可以通过一个简单的例子来说明。图5—8表示一相绕组由两个线圈组成。当这两个线圈接成如图5—8(a)时，电机为两极；当接成如图5—8(b)时，电机为四极。因此，改变绕组中部分线圈的接法，可以改变电机的极数，从而使电动机能有不同的转速。

实际中的多速电动机，也是改变绕组中部分线圈接法，变换绕组极数，达到变速的目的，只不过绕组的联接复杂一些而已。



(a)二极　　(b)四极

图5—8　改变绕组接法变换极数

在异步电动机中，定子和转子的极数必须相同。当定子绕组的极数变换时，绕线式转子要相应改变极数是相当困难的。而鼠笼式转子的极数能自动跟着变换，因此多速电机一般均为

鼠笼式电动机。

我国工人阶级和革命的技术人员在毛主席革命路线指引下，经过大量的生产实践和科学分析，改进了多速电机绕组各种联接与排列的方法，并制出了赶超世界先进水平的多速电动机，为异步电动机变速作出了重要的贡献。

在本节中，不打算对多速绕组的理论作详细的叙述，只介绍目前常见的几种多速绕组方案的联接方法，说明其优缺点、适用场所及选择原则；并介绍单速电动机改为多速时的简单计算方法，以适应一般电机修理人员的工作需要。

一、多速电机的绕组方案

绕组方案是决定多速电机性能的关键因素。一般倍极比双速电机，高速时为正规的60°相带绕组（即极相组分布在60°电角度范围内）。而低速时（多极数）为120°相带绕组（即极相组分布在120°电角度范围内）。而非倍极比的双速电机及三速电机往往有两种以上绕组方案，一种是两个极数下绕组系数相差甚远，极数少时很高，极数多时很低（如下述方案3）。另一种是两个极数下绕组系数接近并都比较高（如下述方案4）。应根据使用要求选择不同的绕组方案。若要求两个极数下的转矩接近时（即功率随转速变化），可选用前一种方案，若要求两种极数下功率接近时（即低速时有较大转矩），则应选用后一种方案。

选择绕组接法也应根据使用要求。两种极数下转矩接近的可采用2Y/Y接法，两种极数下输出功率接近的可采用2Y/Δ接法。

改绕后的多速电动机，一般都采用双层绕组。由于绕组方案在多极时分布系数一般较低，为照顾多极时的功率不致过低和磁密不致过高，确定绕组跨距时，一般多极数采用全距，或接近全距。

下面介绍目前常用的几种多速电动机绕组方案。

(一)倍极比双速电动机绕组方案

方案1和方案2中绕组改接前后的极数相差一倍，电动机的转速也相差一倍。绕组排列表中和绕组联接图中仅表示各槽上层线圈边的相号和位置，各槽下层边的相号和位置则按节距来决定。

此种方案中，绕组排列的方法称为反向法，即在不改变各槽线圈相号的情况下，仅通过改变绕组接线使每相中的某一部分线圈反向，(绕组排列表中反向符号一栏，用"问"记号表示在两个极下电流方向改变的槽) 从而得到了另一种极数的绕组排列。如表5—8中当电机变为四极时，各相绕组须有一半线圈反向。这种反向可通过绕组串、并联改接来实现。如图5—9为2Y/Δ接法，这时把引出线4，5，6短接，电流从引出线1，2，3流进。可以看出，A相绕组线圈1，2，3，4，5，6和19，20，21，22，23，24是并联的，电流方向如实线箭头所示。当将引出线1，2，3打开，电流从引出线4，5，6进入时，变成△接法，这时A相线圈1，2，3，4，5，6和19，20，21，22，23，24是串联，电流方向如虚线箭头所示。因此可以清楚地看到当绕组从2Y改接成△接法时，线圈19，20，21，22，23，24中的电流方向发生了变化，即从原来(－A)相变成A相了。这就使2极的排列

变成4极了。图5—10中4/8极电机绕组也是按此方法改接的。

方案1 定子36槽，2/4极电机，采用双层绕组，跨距 $y = 1—10$。

绕组系数

2极：$k_d = 0.96$，$k_P = 0.707$，$k_{dP} = 0.68$

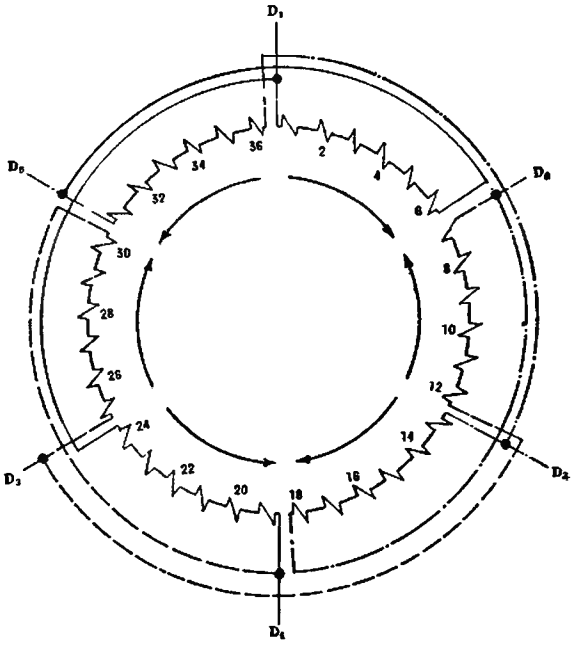
4极：$k_d = 0.83$，$k_P = 1.00$，$k_{dP} = 0.83$

排列方式：见表5—8

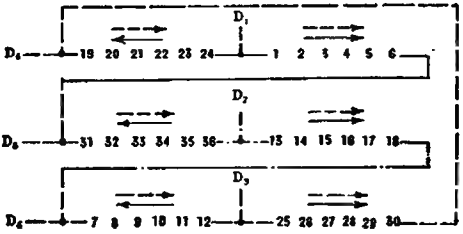
联接方式：2/4极2Y/Δ接法，引出线6根绕组联接见图5—9。

表5—8 36槽2/4极 三 相 绕 组 排 列 表

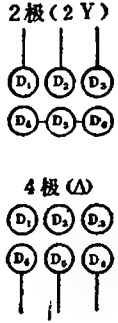
槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 极	a	a	a	a	a	a	-c	-c	-c	-c	-c	-c
4 极	a	a	a	a	a	a	c	c	c	c	c	c
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2 极	b	b	b	b	b	b	-a	-a	-a	-a	-a	-a
4 极	b	b	b	b	b	b	a	a	a	a	a	a
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2 极	c	c	c	c	c	c	-b	-b	-b	-b	-b	-b
4 极	c	c	c	c	c	c	b	b	b	b	b	b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



(a)



(b)



(c)

图5—9　2/4极绕组联接图

方案2 定子36槽，4/8极电机，采用双层绕组，跨距y = 1—6。

绕组系数：

4极：$k_d = 0.96$， $k_P = 0.766$，$k_{dP} = 0.736$

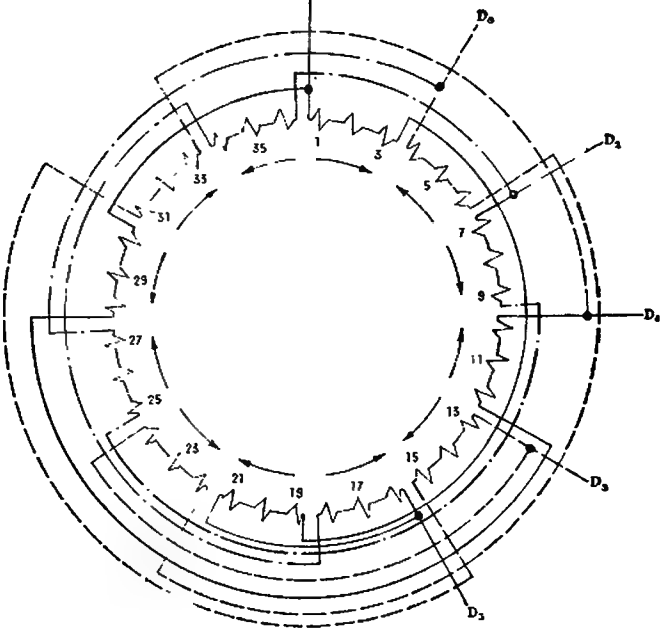
8极：$k_d = 0.844$，$k_P = 0.985$，$k_{dP} = 0.831$

排列方式：见表5—9。

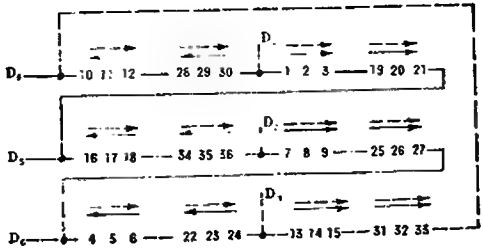
联接方式：2Y/Δ接法，引出线6根，具体联接见图5—10。

表5—9　　36槽4/8极 三 相 绕 组 排 列 表

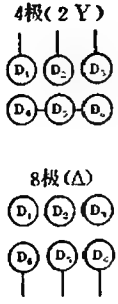
槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	a	a	a	-c	-c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
8　极	a	a	a	c	c	c	b	b	b	a	a	a
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	c	c	c	-b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	-c
8　极	c	c	c	b	b	b	a	a	a	c	c	c
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c	-b	-b	-b
8　极	b	b	b	a	a	a	c	c	c	b	b	b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



(a)



(b)



(c)

图5—10 4/8极绕组联接图

(二)非倍极比双速绕组方案

反向法改极变速，过去仅局限于倍极比电机，通过工人师傅和技术人员的实践与分析，现在亦可用于非倍极比电机。下面分别介绍正规分布绕组和不正规分布绕组两种方案。

(1) 正规分布绕组。即四极为60°相带排列。观察表5—10，比较4极和6极的绕组排列可知：将4极相应相号的一半槽中的线圈的电流方向反向，即得6极绕组。因此完全可以通过前述的串并联改接的方法，来得到每相一半线圈反向。反向指示如表所示。按照图5—11的联接结果，6极时绕组的相序与4极时相同(电动机旋转方向不变)，故称"同转向方案"。如将6极时的相序改变，重新确定各槽相号的正负，如方案4的排列方法，两种转速时电动机的转向相反，故称"反转向方案"。

(2) 非正规分布绕组。正规分布绕组在4/6极电机中，4极是60°相带分布，故起动性能较好。其主要缺点是6极时绕组分布系数太低，绕组有效匝数减少太多，因此6极情况下的功率因数过低，如果为了照顾6极时的功率因数和功率而增加绕组匝数，又会使4极时的功率也降低，故此方案适用于对4极性能要求高，对6极性能要求较低的场所。

为了克服上述缺点，将绕组不规则排列，如方案4表5—11的排列方式。便得到两种极数的绕组系数都相当高的方案。使之适用于两种转速时要求功率均较高的场所。

方案3 定子36槽4/6极电机，采用双层绕组，跨距 $y=1—7$。

绕组系数：

4极：$k_d = 0.96$，　$k_P = 0.866$，$k_{dP} = 0.833$

6极：$k_d = 0.644$，$k_P = 1$，　　$k_{dP} = 0.644$

排列方式：见表5—10。

联接方式：2Y/Δ或2Y/Y 接法，引出线6根，具体联接见图5—11。

本方案4极时绕组按正规(60°相带)分布，6极绕组系数较低。多用于对低速时功率要求不高的场所。2Y/Δ 接法时，功率分布比较接近；2Y/Y 接法时，4极的功率较高。

本方案改极变速时，电动机的旋转方向不变，因此称为"同

表5—10　　36槽4/6极三相绕组排列表(同转向)

槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4　极	a	a	a	-c	-c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
6　极	a	a	a	-c	-c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4　极	c	c	c	-b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	-c
6　极	c	c	-c	-b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4　极	b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c	-b	-b	-b
6　极	b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	c	b	-b	-b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

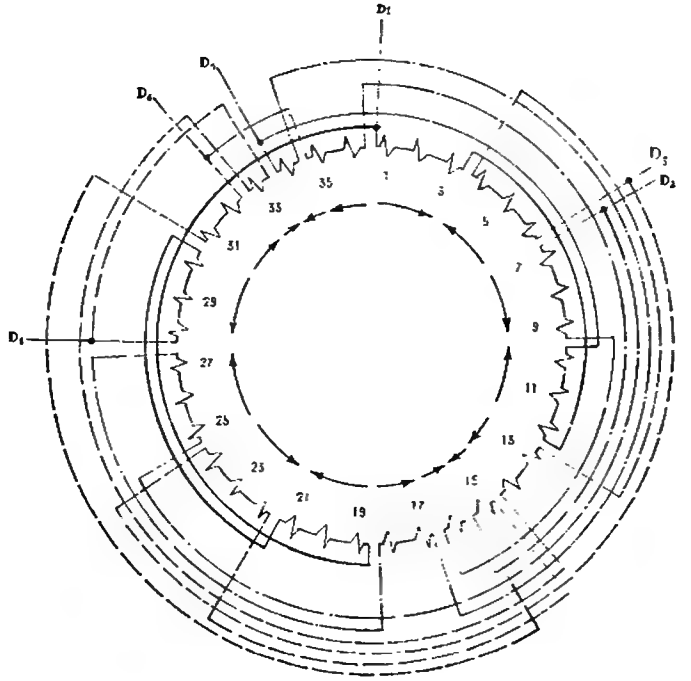


图5—11　36槽4/6极(同转向)绕组联接图

转向方案。”

方案4 定子36槽，4/6极电机，采用双层绕组，跨距y＝1—7。

绕组系数：

4极：$k_d=0.83$，$k_P=0.866$，$k_{dP}=0.72$

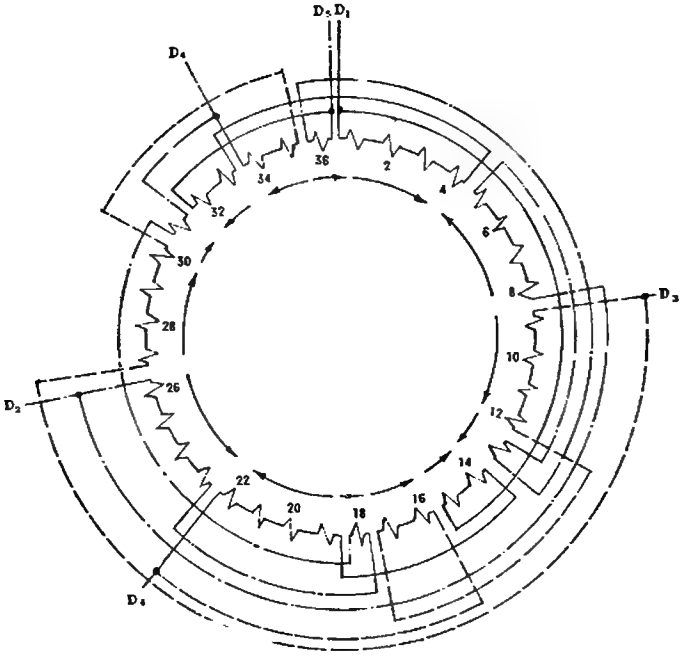
6极：$k_d=0.88$，$k_P=1$，$k_{dP}=0.88$

排列方式：见表5—11。

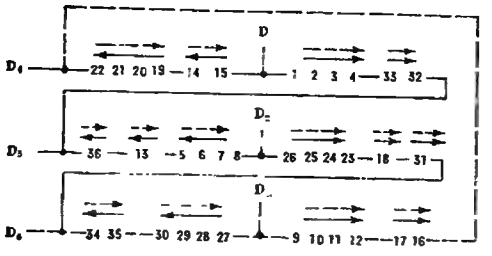
联接方式：2Y/△接法，引出线6根。具体联接见图5—12。

表5—11 36槽4/6极三相绕组排列表(反转向)

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	a	a	a	a	-b	-b	-b	-b	c	c	c	c
6极	a	a	a	a	b	b	b	b	c	c	c	c
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	b	-a	-a	-c	-c	b	a	a	a	a	-b	-b
6极	-b	a	a	-c	-c	b	-a	-a	-a	-a	-b	-b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4极	-b	-b	c	c	c	c	b	-a	a	-c	-c	b
6极	-b	-b	-c	-c	-c	-c	b	-a	-a	c	c	-b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



(a)



(b)

(c)

图5—12　36槽4/6极绕组(反转向)联接图

本方案绕组为不规则分布，两种极数下的绕组系数接近，并且都较高。适用于两种转速下功率均需要较高的场所，如车床、镗床等机械加工设备。

本方案改极变速时，电动机的旋转方向改变，因此称为“反转向方案。”

方案5 定子36槽，6/8极电机，采用双层绕组，跨距y＝1—6。

表5—12　　36槽6/8极 三 相 绕 组 排 列 表

槽　　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
6　极	a	a	-c	-c	b	-a	-a	c	-a	-b	c	-b
8　极	a	a	-c	-c	b	-a	-a	c	a	-b	-c	b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
6　极	-b	a	-c	-c	b	b	-a	-a	c	c	-b	a
8　极	b	-a	c	c	-b	-b	a	a	-c	-c	b	-a
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
槽　　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
6　级	a	-c	a	b	-c	b	b	-a	c	c	-b	-b
8　级	-a	c	a	-b	-c	b	b	-a	c	c	-b	-b
反向符号	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

绕组系数：

6极：$k_d=0.88$，$k_p=0.966$，$k_{dp}=0.85$

8极：$k_d=0.83$，$k_p=0.985$，$k_{dp}=0.82$

排列方式：见表5—12。

联接方式：2Y/Δ接法，引出线6根，具体联接见图5—13。

本方案为不规则分布同转向方案，两种极数下均有较高的绕组系数，两种转速时功率比较接近。

(三)三速电机绕组

与上述双速电机一样，下面方案6的排列方法亦可用反向法，只是反向特点有些不同。我们仔细分析表5—13，可以看出：每相12槽线圈可均分成四组，有一组无论在6极或8极皆不反向，如a相1、2、3槽；有一组仅在6极时反向，8极时不反向，如19、20、21槽；有一组仅在8极时反向，6极时不反向，如10、11、12槽；最后一组则在两个极下皆反向，如28、29、30槽。为了实现这种反向要求，而不使引出线过多，因此采用图5—14所示2Y/2Y/2Y接法。这种接法仅需9根引出线即可。

从联接图可以看出，每相四组线圈的不同组合可以构成三种接法。第一种接法是将引出线1和2，4和5，7和8分别并接，且接于三相电源，而引出线头3，6，9短接。各组线圈所通过电流方向在图5—14(b)上用实线箭头表示。第二种接法是将出线2和3，5和6，8和9并接且接于三相电源，出线头1，4，7则短接。各组线圈所通过电流方向如图5—14(b)上虚线箭头所示。第三种接法是将出线1和3，4和6，7和9并接且接于三相电源，而出线头2，5，8短接。各线圈组的电

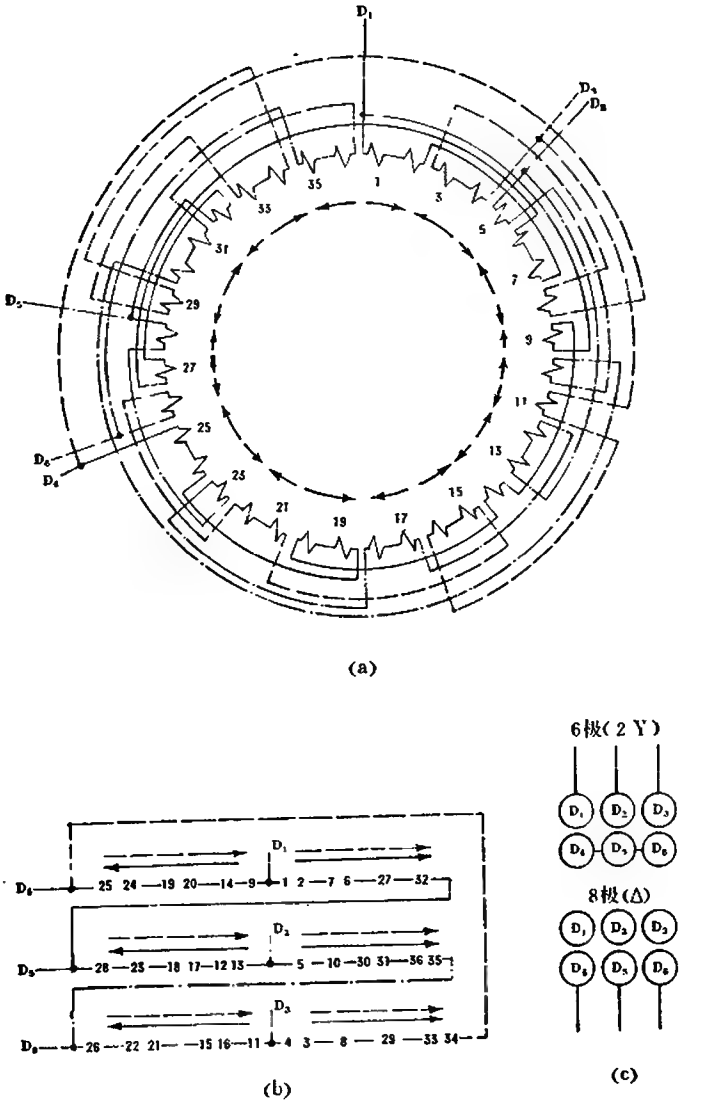


图 5—13　36槽6／8极(同转向)绕组联接图

流方向用符号“⊙”表示。观察图5—14(b)中的电流方向，可以知道，线圈组Ⅰ在三种接法下电流方向如箭头所示皆相同；线圈组Ⅱ则在第二种接法和第一种接法时，电流方向相同，但在第三种接法与第一种接法时，电流方向相反；线圈组Ⅲ则在第二种接法和第一种接法时，电流方向相反，而在第三种接法时，电流方向和第一种相同；线圈组Ⅳ则在第二和第三种接法时，线圈中通过的电流方向均与第一种接法时方向相反。这三种接法的变化正好满足前述三种极下的反向要求。如图5—14(b)所示4极为第一种接法，6极为第二种接法，8极为第三种接法，则线圈组Ⅰ为1，2，3槽线圈，线圈组Ⅱ为11,12,13槽，线圈Ⅲ为19,20,21槽，线圈组Ⅳ为28,29,30槽。同样也可布置B相和C相，如图5—14(b)所示。

方案6：定子36槽，4/6/8极电机，采用双层绕组，跨距 $y=1-6$。

绕组系数：

4极：$k_d=0.96$，　$k_p=0.766$，　$k_{dp}=0.735$

6极：$k_d=0.644$，　$k_p=0.966$，　$k_{dp}=0.623$

8极：$k_d=0.844$，　$k_p=0.985$，　$k_{dp}=0.831$

排列方式：见表5—13。

联接方式：4/6/8极，$2Y/2Y/2Y$接法，引出线9根，具体联接见图5—14。

方案7：定子36槽，2/4/8极电机。

在前面讨论的各种绕组方案，都是在相号不变的条件下(例如A相的线圈无论在那种极数时都是A相)，通过接法的变化，

表5—13　36槽4/6/8极三相绕组排列表

槽号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4极	a	a	a	-c	-c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
6极	a	a	a	c	c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
8极	a	a	a	c	c	c	b	b	b	a	a	a
槽号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
4极	c	c	c	-b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	-c
6极	c	c	-c	-b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c
8极	c	c	c	b	b	b	a	a	a	c	c	c
槽号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
4极	b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c	-b	-b	-b
6极	-b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	c	b	-b	-b
8极	b	b	b	a	a	a	c	c	c	b	b	b

改变部分线圈的电流方向从而达到变极。但是当单一绕组要求变出三速，四速或更多速度时，不变相号仅变部分线圈方向，所得绕组方案往往不够理想。在某一、二种极数下的绕组系数特别低，对整个电机的性能带来不好的影响。方案7就考虑同时改变相号和线圈方向，亦即改变线圈相位的办法来解决此矛盾。

本方案采用双层绕组，跨距$y = 1 — 7$。

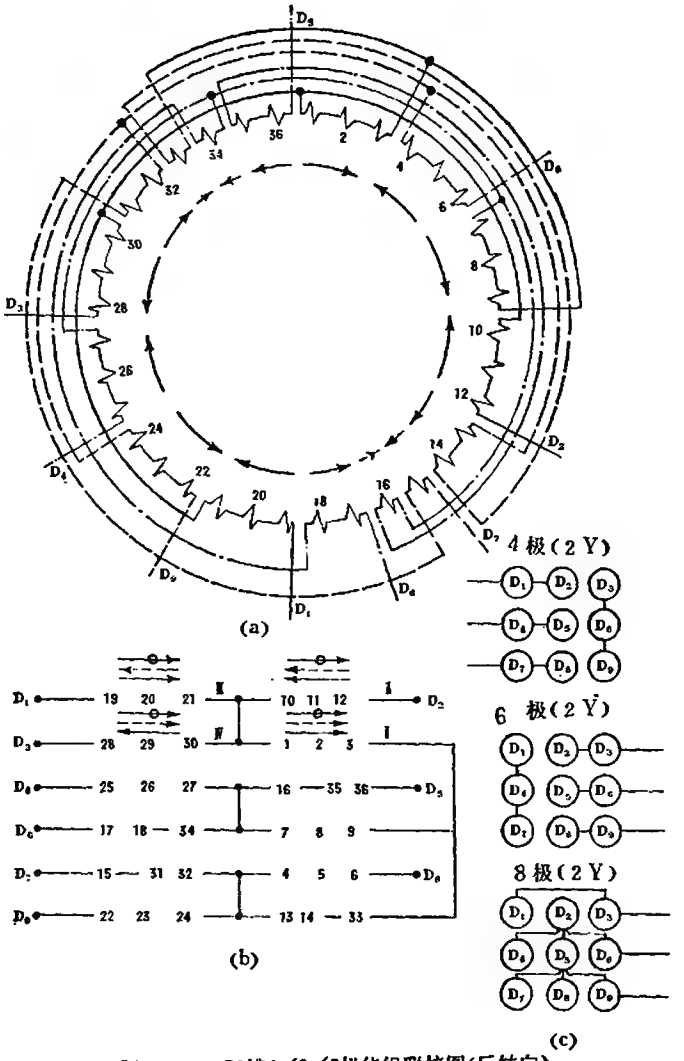


图 5—14　36槽4／6／8极绕组联接图(反转向)

绕组系数：

2 极：$k_d = 0.956$，　$k_p = 0.5$，　$k_{dp} = 0.478$

4 极：$k_d = 0.90$，　$k_p = 0.866$，　$k_{dp} = 0.831$

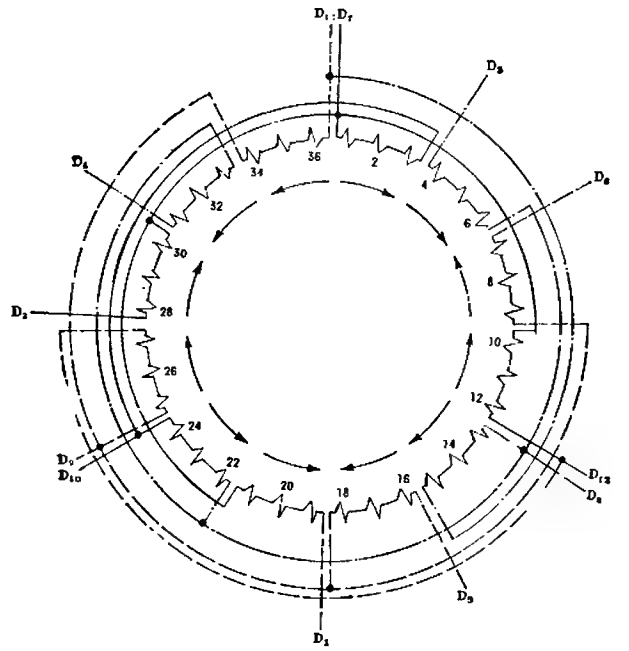
8 极：$k_d = 0.844$，　$k_p = 0.866$，　$k_{dp} = 0.73$

排列方式：见表 5—14。

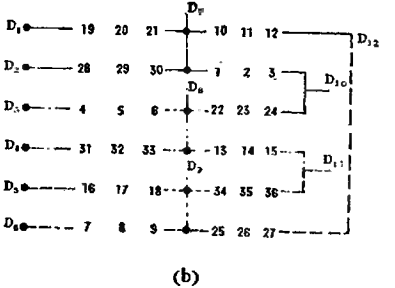
联接方式：2 / 4 / 8 极，2△/ 2△/2Y 接法。具体联接见图 5—15。

表5—14　　36槽 2/4/8极 绕 组 排 列 表

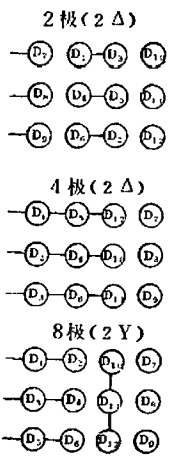
槽　号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2　极	a	a	a	a	a	a	-c	-c	-c	-c	-c	-c
4　极	a	a	a	-c	-c	-c	b	b	b	-a	-a	-a
8　极	a	a	a	c	c	c	b	b	b	a	a	a
槽　号	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
2　极	b	b	b	b	b	b	-a	-a	-a	-a	-a	-a
4　极	c	c	c	-b	-b	-b	a	a	a	-c	-c	-c
8　极	c	c	c	b	b	b	a	a	a	c	c	c
槽　号	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
2　极	c	c	c	c	c	c	-b	-b	-b	-b	-b	-b
4　极	b	b	b	-a	-a	-a	c	c	c	-b	-b	-b
8　极	b	b	b	a	a	a	c	c	c	b	b	b



(a)



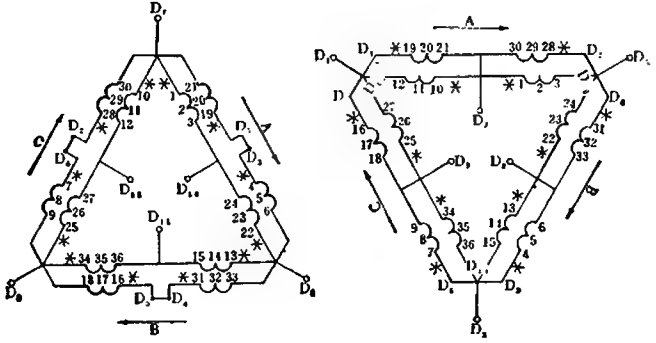
(b)



(c)

图5—15　36槽2／4／8极绕组联接图

从表5—14中可见36槽线圈可分12组，如1，2，3为一组，4，5，6为一组……等。同时可见对4极A相绕组有一半线圈在2极时仍为A相（如槽1，2，3和19,20,21），而另一半线圈在2极时变为C相（如槽10,11,12和28,29,30），对4极B相绕组有一半线圈在2极时仍为B相（如槽16,17,18和34,35,36），而有另一半线圈在2极时也变为C相（如槽7，8，9和25,26,27）对4极C相绕组则有一半线圈在2极时变为A相（如槽4，5，6和22,23,24），而另一半线圈则在2极时变为B相（如槽13,14,15和31,32,33）。因此，当四极变到2极时，必须通过一定的接法进行换相。另外，再仔细观察表5—14可知：当一组线圈从某一相变为另一相时，内中有一半线圈须进行反向。如构成线圈10,11,12槽28,29,30槽，从A相变为C相时，前者（10,11,12槽）从－a相变为－C相，后者（28,29,30槽）从－a相变为＋C相。因此，这两部分线圈不能串在一起。故接成双△形。



(a) 2极情况　　(b) 4极情况

图5—16

上述反向和换相两种矛盾，采用图5—15的联接方法均得到妥当的解决。

在图5—15(c)中两极时，引线D_{10}、D_{11}、D_{12}断开；D_1和D_3、D_4和D_5、D_2和D_6短接；D_7 D_8 D_9接电源；如图5—16(a)所示，图中以"*"表示每组线圈首端。在图5—15(c)中4极时，引线D_7、D_8、D_9开路；D_1、D_5和D_{12}、D_2、D_4和D_{10}、D_3、D_6和D_{11}短接并接电源；如图5—16(b)所示。对照图5—16(a)和(b)，可以看出，由4极变为2极时线圈10，11，12和28，29，30从A相变为C相，但线圈10，11，12是从－A变为－C，而线圈28，29，30则从－A变为＋C，故满足了前述相位要求。其它各相亦皆如此。至于从2△变为2Y的情况，和倍极比绕组接法类似，故不另作说明。

上述换相方法仅用12根引线，便得到接法为2△/2△/2Y的2/4/8极的三速电机，并且各种极数时绕组系数均相当高。这种方法亦称为混相法。

二、 改绕计算

通过前面绕组方案的介绍，了解了各种常用的多速绕组方案的特点和适用场所，可以根据需要选用。另外，在选择电机时，应选用极数较多的电机，以免铁芯磁密在多极时过于饱和。例如2/4极多速电机用4极改制，4/6极及4/6/8极多速电机用6极电机改制较好。如极数多时功率要求不高，也可用极数少的电机改制。

绕组方案和电机选择好后，便可着手计算。计算时，原单

速电机的绕组数据（如接法，跨距，每槽导体数和线径）是已知的，下面简单介绍如何利用这些数据简捷地算出所需要的多速电动机绕组数据。

（一）根据原绕组数据初步计算多速电机每槽导体数

改绕成的多速电机，其中有一种极数与原单速电机极数相同，先从保证多速电机在这一极数下与原单速电机磁路各部分磁密相同这一原则出发，可从5—38式初步计算多速电机每槽导体数Z^*。

$$Z^* = \frac{U_\phi k_{dp}' a z'}{U_\phi' k_{dp} a'} \qquad (5-38)$$

式中：U_ϕ'绕组相电压，k'_{dp}为绕组系数，a'为并联路数，Z'为原单速电机绕组每槽导体数，带“′”为原单速电机绕组数据，是已知的。而改绕后的k_{dp}由绕组方案确定，U_ϕ、a由绕组联接方式决定。

（二）根据多速电机两种极数下气隙磁密比确定每槽导体数。

两种气隙磁密比为：

$$\frac{B_{g\text{Ⅱ}}}{B_{g\text{Ⅰ}}} = \frac{U_{\phi\text{Ⅱ}} \cdot p_\text{Ⅱ} \cdot w_{1\text{Ⅰ}} \cdot k_{dp\text{Ⅰ}}}{U_{\phi\text{Ⅰ}} \cdot p_\text{Ⅰ} \cdot w_{1\text{Ⅱ}} \cdot k_{dp\text{Ⅱ}}} \qquad (5-39)$$

式中：B_g为气隙磁密，p为极对数，U_ϕ为相电压（根据Y接或△接决定），W_1每相串联匝数（根据并联或串联决定，并联为串联的一半），k_{dp}为绕组系数（根据绕组方案确定）。注脚Ⅰ表示极数少的量，Ⅱ表示极数多的量。

假定$P_\text{Ⅱ}$与原单速电机极对数相同，而选用公式（5—38）

初步计算的每槽导体数Z^*，则可使该极数下气隙磁密$B_{g\text{II}}$与原单速电机气隙磁密相同。若$B_{g\text{II}}/B_{g\text{I}}\approx 1$，即可保证多速电机两种极数下气隙磁密相近，可把$Z^*$作为多速电机每槽导体数，若$\frac{Bg_{\text{II}}}{Bg_{\text{I}}}<1$，则另一极数下磁密可能过高，Z应适当增加，若$B_{g\text{II}}/B_{g\text{I}}>1$，则另一极数下磁密可能过低，Z可适当减少。

设$B_{g\text{II}}/B_{g\text{I}}=\beta$，则改制后的多速绕组每槽导体数Z可近似地用下式计算：

$$Z=\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2\beta}\right)Z^* \qquad (5-40)$$

式中：Z^*——初定每槽导体数，用式(5—38)算出；

Z——多速绕组每槽导体数；

β——磁密比，照式(5—39)算出。

根据对两种极数的性能要求，可适当地调整Z的数值。

(三)确定导线直径

按改绕后多速绕组槽满率与原单速绕组槽满率基本相同的原则，可用下式计算导线直径。

$$d=\sqrt{\frac{z'}{z}}d' \qquad (5-41)$$

式中：d'——原单速绕组导线直径；

z'——原单速绕组每槽导体数；

z——多速绕组每槽导体数。

根据计算数值选用相近的标准导线直径d。

(四)改绕后多速电机功率估算

多速电机与原单速电机同极数时的功率，可以二种电机的电流密度相同为基础，导出下列公式：

$$P_H = \frac{U_\phi a d^2}{U_\phi' a' d'^2} P_H' \qquad (5-42)$$

式中：P_H'、a'、d'、U_ϕ'——原单速电机的功率，并联路数，导线直径和相电压；

P_H、a、d、U_ϕ——多速电机的功率、并联路数、导线直径和相电压。

多速电机两种极数时的功率比。假定两种极数取相同的线负荷及电流密度时，可得：

$$\frac{P_{II}}{P_I} = K \cdot \frac{U_{\phi II} \cdot a_{II}}{U_{\phi I} \cdot a_I} \qquad (5-43)$$

式中：P_{II}为极数多时的功率，P_I为极数少时的功率，K为考虑到低速时通风散热效果较差及功率因数较低使功率降低的系数。K约为0.7—0.9，近极比取较大值，远极比取较小值。

如P_{II}为由式(5—42)算出的与原单速电机相同极数下的功率，则由式(5—43)也可估算出另一种极数时的功率P_I。

例题5—7 今有一台JO_2—32—4 3匝4极电机，需改绕成2/4极双速电机，

(1)已知数据：JO_2—32—4，定子槽数Q=36，Y接，即U_ϕ'=220V，a'=1，Z'=31，d'=1—ϕ1.12，K_{dp}'=0.96，导线为QZ型高强度漆包线。

(2)选择前述绕组方案1，即采用双层绕组，跨距y=1—10，2/4极接法2Y/Δ，则得

4 极：$U_{\phi 4}=380V$，$a_4=1$，$K_{dp4}=0.832$，W_{14}

2 极：$U_{\phi 2}=220V$，$a_2=2$，$K_{dp2}=0.68$，$W_{12}=\frac{1}{2}W_{14}$

（3）按 4 极初定每槽导体数Z^*，照式（5—38），

$$Z^*=\frac{U_{\phi 4}Kdp'a_4}{U_\phi' Kdp_4 a'} \quad Z'=\frac{380\times 0.96\times 1}{220\times 0.832\times 1}\times 31=62$$

4 极及 2 极时的磁密比，按式（5—39）

$$\frac{Bg_{\text{II}}}{Bg_{\text{I}}}=\frac{Bg_4}{Bg_2}=\frac{U_{\phi 4}\cdot P_4\cdot W_{12}K_{dp2}}{U_{\phi 2}\cdot P_2\cdot W_{14}K_{dp4}}=\frac{380\times 2\times(\frac{1}{2})\times 0.68}{220\times 1\times 1\times 0.832}$$

$$=\frac{1}{0.71}=1.4$$

由式（5—40）得：

$$Z=\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2\beta}\right)Z^*=\left(\frac{1}{2}+\frac{1}{2\times 1.4}\right)\times 62=53$$

考虑 2 极下轭部磁密较紧张，取$Z=58$

（4）导线直径，按式（5—41）计算

$$d=d'\sqrt{\frac{Z'}{Z}}=1.12\times\sqrt{\frac{31}{58}}=0.82$$

按附录29线规表，取$d=1-\phi 0.83$，高强度漆包线。

（5）功率估算：

4 极时功率，按式（5—42）得：

$$P_4=\frac{380\times 0.83^2}{220\times 1.12^2}\times 3=2.8瓩$$

4/2极时功率比，按式（5—43），取$K=0.85$，

$$\frac{P_4}{P_2}=\frac{P_{\text{II}}}{P_{\text{I}}}=0.85\frac{380\times 1}{220\times 2}=\frac{1}{1.36}$$

故 2 极时功率为：

$P_2 = 1.36 \times 2.8 = 3.8$瓩。

例题5—8 JO_2—42—6 4瓩6极电机改绕成4/6极双速电机。

（1）已知数据：JO_2—42—6 定子槽数Q=36，△接法，$U_\phi' = 380$伏，$a' = 1$，$Z' = 55$ $d' = 1$—$\phi 1.04$，$K'_{dp} = 0.966$。

（2）选择两种极数时均有较高绕组系数的方案，即前述方案4，4/6极接法，2Y/△，双层绕组，跨距y=1—7。则得：

6极：$U_{\phi 6} = 380$，$a_6 = 1$，$Kdp_6 = 0.88$，W_{16}

4极：$U_{\phi 4} = 220$，$a_4 = 2$，$Kdp_4 = 0.72$，$W_{14} = \frac{1}{2}W_{16}$

（3）按6极初定每槽导体数，由式（5—38）得：

$$Z^* = \frac{380 \times 0.966}{380 \times 0.88} \times 55 = 60$$

6极及4极时的磁密比，由式（5—39）得：

$$\frac{Bg_6}{Bg_4} = \frac{380 \times 3 \times \frac{1}{2} \times 0.72}{220 \times 2 \times 1 \times 0.88} \approx \frac{1}{0.945} = 1.06$$

4极下气隙磁密Bg_4较低，可按式（5—40）确定每槽导体数，

$$Z = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2\beta}\right)Z^* = \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{2 \times 1.06}\right) \times 60 = 58$$

（4）导线直径，按式（5—41）得：

$$d = \sqrt{\frac{55}{58}} \times 1.04 = 1.01$$

取$\phi 1.0$高强度漆包铜线，一根单绕。

（5）功率估算：

6极时功率，按式（5—42）得：

$$P_6 = \frac{380 \times 1^2}{380 \times 1.04^2} \times 4 = 3.8$$瓩

6 极及 4 极时功率比，由式(5—43)，取K = 0.9，得：

$$\frac{P_6}{P_4} = 0.9 \times \frac{380 \times 1}{220 \times 2} = \frac{1}{1.28}$$

4 极时功率：

$$P_4 = 1.28 \times 3.8 = 4.8\text{瓩}$$

第六节　绕线模尺寸的计算

一般修理电机的老师傅，在拆除旧绕组时，总是保存一个完整的旧线圈，以供做绕线模时参考；没有旧线圈时，就用一根导线在相当于线圈跨距的槽子中间，用手捏出一个线模几何形状来，这些都是比较好的实用方法。为了核对这些实用方法所得出的尺寸，本节特介绍几种用数学公式计算的方法。

线模计算公式各地区各工厂经验不完全一样，但大同小异。计算的结果一般都要适当调整。缺乏经验时，还应经过试绕试嵌，按实际情况修改后才能定型。

(一)单层链式或同心式线圈模心尺寸的计算

单层链式（包括交叉链式），或同心式线圈模心主要尺寸如附录10所示。主要尺寸有模心宽度A，直线部分长度L_1，总长度L_2，以及端部圆弧R_1等。具体计算如下：

(1)模心宽度 A：

$$A = \tau_y - b_{12}\text{，毫米。} \qquad (5—44)$$

式中：b_{12}——定子槽平均宽度，毫米。

τ_y——绕组平均节距，毫米。

$$\tau_y = \frac{\pi(Di + hs)}{Q} y \quad \text{毫米。} \qquad (5—45)$$

式中：Di——定子内径，毫米；

hs——定子槽高，毫米；

Q——定子槽数；

y——绕组跨距，槽数。

（2）直线部分长度L_1

$$L_1 = L + 2d，毫米。 \qquad (5—46)$$

式中：L——铁芯长度，毫米。注意有的电机由于压装不好，齿部弹开严重，铁芯长度L就不能在槽底测量，应在槽口处测量。

d——线圈伸出铁芯的直线长，毫米。

4号及以下机座，取d = 10毫米，5，6号机座，取d = 15毫米，7，8机座，取d = 20毫米，9号机座，取d = 25毫米。

（3）总长度L_2：

$$L_2 = L_1 + 2L_3，毫米。 \qquad (5—47)$$

式中：L_3按经验取为：

$$L_3 = \frac{A}{3} - \frac{b_{12}}{2}，毫米。 \qquad (5—48)$$

（4）端部圆弧半径R_1：

$$R_1 = \left(L_3^2 + \frac{A^2}{4}\right)/2L_3，毫米。 \qquad (5—49)$$

（5）模心厚度为定子槽平均宽度，即$b = b_{12}$。

（6）直线部分与端部相邻处的圆角半径r，一般取5—10毫米。

如果是交叉链式线圈（例如q = 3时），由于线圈跨距不同，

要计算二块不同尺寸的模心，单层同心式线圈则要计算三块不同尺寸的模心，计算公式与上述一样。

(二)双层叠绕菱形线圈模心尺寸的计算

双层叠绕菱形线圈模心主要尺寸如附录10所示。模心宽度A，平均节距 τ_y，直线部分长度 L_1 等的计算与单层链式模心计算相同。

菱头圆角半径R，一般取20—30毫米。厚度b亦可取为定子槽平均宽度 b_{12}。

端部斜边长度C，若定子为梨形槽可按下列公式计算：

$$C = \tau_y/2\sqrt{1-\left(\frac{b_{S1}+2R}{b_{S1}+2R+2b_t}\right)^2} \text{毫米} \qquad (5-50)$$

式中：b_{S1}及R代表的意义见图5—5(a)

b_t——定子齿宽。

在有些线模设计中（J系列异步电动机中的某些规格），由于一只线圈上下层边不等，所以线模两个直线边亦做得不等长，同时相应的端部斜边也不等长，但二者的长短相配，总长度仍旧接近相等。

例题5—9 某台旧异步电动机，实测Di=162毫米，L=162毫米，Q=36，hs=18毫米，b_{12}=8毫米，交叉链式线圈，节距1—9，2—10，18—11。试计算模心尺寸。

(1)模心宽度A：

$$\tau_{y(1-9)} = \frac{\pi(Di+hs)}{Q}y = \frac{3.14(162+18)}{36}\times 8$$

$$= 126\text{毫米}$$

$$\tau_{y(18-11)}=\frac{\pi(Di+hs)}{Q}y_1=\frac{3.14(162+18)}{36}\times 7$$

$$=110\text{毫米}。$$

$$A_{(1-9)}=\tau_{y(1-9)}-b_{12}=126-8=118\text{毫米}$$

$$A_{(18-11)}=\tau_{y(18-11)}-b_{12}=110-8=102\text{毫米}$$

（2）直线部分长度L'_1

$$L'_1=L+2d=120+2\times 15=150\text{毫米}$$

（3）总长度L_1：（参考395页图Ⅹ—4）

$$L_{3(1-9)}=\frac{A}{3}-\frac{b_{12}}{2}=\frac{118}{3}-\frac{8}{2}\pm 35\text{毫米},L_{3(18-11)}=30\text{毫米}$$

$$L_1=L'_1+2L_3=150+2\times 35=220\text{毫米}$$

（4）端部圆弧半径R_1

$$R_{(1-9)}=\left(L_3^2+\frac{A_{(1-9)}^2}{4}\right)/2L_3=\left(35^2+\frac{118^2}{4}\right)/2\times 35$$

$$\pm 65\text{毫米}$$

$$R_{(18-11)}=\left(L_3^2+\frac{A_{(18-11)}^2}{4}\right)/2L_3=\left(30^2+\frac{102^2}{4}\right)/2\times 30$$

$$=51\text{毫米}$$

（5）模心厚度$b_{12}=8$，圆角半径$r=5$。

例题5—10 某台旧异步电动机，测得$Di=230$毫米，$L=250$毫米，$Q=54$，$h_3=26$毫米，$b_{12}=7$毫米，$b_t=8$毫米，$R=4$毫米，$b_{s1}=5$毫米双层叠绕菱形线圈，$y=1—9$，试计算线模尺寸。（参考395页图Ⅹ—2）

（1）模心宽度A_1：

$$\tau_y=\frac{3.14\times(230+26)}{54}\times 8=119\text{毫米}$$

$$A=119-7=112\text{毫米}$$

（2）直线部分长度L_{t1}

$L_1 = 250 + 2 \times 20 = 290$毫米

（3）端部斜边长度 C：

$$C = \frac{\tau y}{2\sqrt{1-\left(\frac{b_{s1}+2R}{b_{s1}+2R+bt}\right)^2}} = \frac{119}{2\sqrt{1-\left(\frac{5+2\times 4}{5+2\times 4+2\times 8}\right)^2}}$$

≈ 67毫米

（4）模心厚度 $b = b_{12} = 7$ 毫米，圆角半径 $R = 10$毫米，$(B = C)$。

第六章　单相电动机

伟大领袖毛主席教导我们："对于物质的每一种运动形式，必须注意它和其他各种运动形式的共同点。但是，尤其重要的，成为我们认识事物的基础的东西，则是必须注意它的特殊点，就是说，注意它和其他运动形式的质的区别。"我们已经学习了三相异步电机的工作原理和修理方法，在这个基础上来学习单相电动机，这就必须注意单相电机的特殊点。

本章介绍常用的几种单相电动机的工作原理、检查修理及重换绕组时的简单计算方法。

第一节　单相电动机的运行原理

一、运行原理

三相异步电动机在运行时，Y 形联接的定子绕组中，若有一相断路，如图6—1所示，在A相处断开，则在其他二相绕组中流过的电流I_{BC}没有相位角的差别，即成为单相电动机运行。如果电动机的负载不很大，则电机仍能继续运行，但电流增大，效率和功率因数降低，转矩减小。如果电机停止运转后，再接上电源时，电机只是嗡嗡发声，而不能转动。这说明异步电机在单相情况下能继续运行，但在单相情况下不能起动，即不能

产生起动转矩。

异步电机在单相情况下为什么没有起动转矩呢？

图6—2为单相电机交流磁场的示意图。因单相电流大小及正负方向的变化，所产生的磁场磁势，其大小及方向也随电流而变化，这种磁场称为脉振磁场。因脉振磁场在转子绕组中感应所产生的电流，与磁极中心线左右对称，左右两侧转子电流与磁场作用所产生的转矩，大小相等而方向相反，互相抵消。因此单相交流磁场不能产生起动转矩。

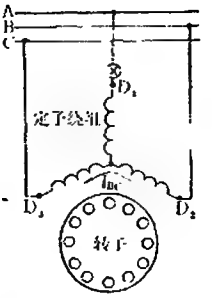


图6—1 三相异步电机单相运行

如用外力将单相电机转子顺时针方向转动一下，转子就会顺时针方向继续旋转，并逐步提高速度，达到稳定运行状态；如用外力将转子反时针方向转动一下，转子也会反时针方向继续旋转，并逐步增速达到稳定运行状态。这是单相异步电动机的一个显著特点。

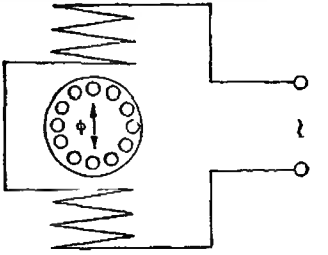


图6—2 单相交流磁场

为什么产生上述现象？我们进一步来分析。单相脉振磁场磁通ϕ，可分解为正反旋转的磁场磁通ϕ_A与ϕ_B，如图6—3所示。

旋转磁通的大小$\phi_A=\phi_B=\frac{\Phi_m}{2}$。其每一瞬间的合成磁通均与脉振磁场的磁通 ϕ 相同，即合成磁通只在 Y 轴上（磁极中心线上）有大小方向的变化。当 ϕ_A 与 ϕ_B 在 Y 轴上重合时，$\phi_A+\phi_B=\phi_m$。如交流电源的频率为 f，定子绕组的磁极对数为 p，则 ϕ_A 与 ϕ_B 的同步转速分别为 $n_1=\pm\frac{60f}{p}$ 转/分，与三相电动机的同步转速相同。

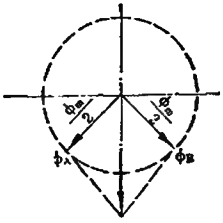


图6—3 单相交流磁场分解为两个旋转磁场

按照第一章第三节所阐述的原理，旋转磁场的 ϕ_A 及 ϕ_B 将分别与鼠笼式转子作用而产生转矩，如图 6—4 所示：(a)为顺转

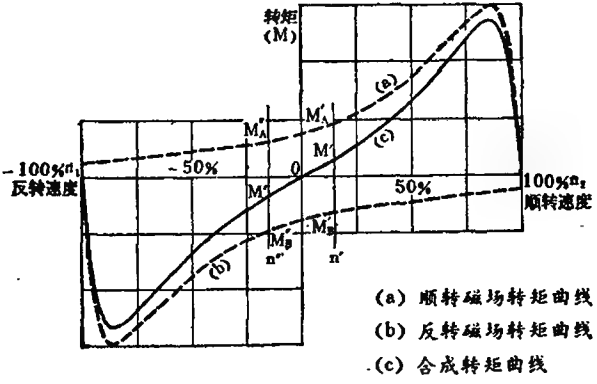


图6—4 单相电动机的转矩曲线

磁场ϕ_A所产生的转矩曲线，(b)为反转磁场ϕ_B所产生的转矩曲线。当转子不动，即在0点时，两曲线的转矩相等，互相抵消，因此转子不能起动。如外力推动转子顺时针方向转动(如n′)，则此时顺向转矩M'_A大于反向转矩M'_B，其合成转矩$M' = M'_A - M'_B$将推动转子继续顺向增速，直到稳定运行状态。同理，如外力推动转子反时针方向旋转（如n″），则此时反向力矩M''_B大于顺向转矩M''_A，其合成力矩$M'' = M''_B - M''_A$将推动转子继续反向增速，直到稳定运行状态。

二、起动方法及电动机类型

由上可知，单相异步电动机不能直接自行起动，但有微小转矩起动后即能继续运行。为了产生起动转矩，采用了各种不同的措施。单相电动机即根据所采用的不同起动措施而分类，常用的有以下几种：

(一)罩极起动：磁极的一部分用短路环罩住，称为罩极式异步电动机，简称罩极电动机或蔽极电动机。

(二)分相起动：

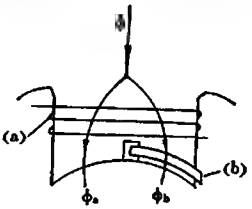
(1) 电阻分相起动：辅绕组具有起动电阻（内在的或外接的）的电动机，称为电阻分相电动机(俗称分相电动机)。

(2) 电容分相起动：辅绕组接有起动电容的电动机称为电容分相电动机。

三、罩极起动原理

罩极结构如图6—5所示。在磁极面中间开一小槽，用短路

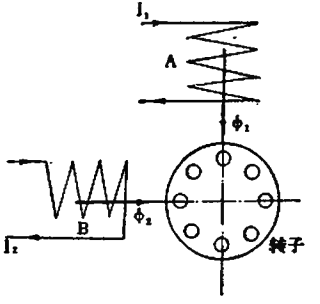
环罩住磁极的一部分，称为罩极线圈。电动机主绕组(a)接上单相交流电源，当磁场增大时，由于感应作用，在罩极线圈中产生短路电流，其作用在阻止罩极部分磁通ϕ_b增大；当磁场减弱时，罩极线圈中的电流将阻止磁通ϕ_b减少。因此，由于罩极线圈的短路电流作用，使罩极部分的磁通ϕ_b的变化滞后于其他部分磁通ϕ_a，一般滞后的时间角度约相当于45°（电角度），而罩极部分与其他部分的极面中心线的空间位置，亦相差约45°（电角度），合成磁通的中心由未罩部分向罩极部分摆动，因此产生一微小的起动转矩，以起动电机。



(a) 主绕组 (b) 罩极线圈
图6—5 罩极构造

四、分相起动原理

分相电动机定子中除主绕组外，另加一起动用的辅绕组。两个绕组的空间位置互成90°(电角度)，如图6—6所示。若两绕组中的电流I_1与I_2相位相同，则ϕ_1，与ϕ_2的合成磁场仍为脉振磁场，不可能产生起动转矩。若I_1与I_2的相位角不相同，则形成椭圆形旋转磁场，而产生起动转矩。当I_1与I_2的相位角相差90°（电角度)时，起动情况最好。因此分



A.主绕组 B.辅绕组
图6—6 单相电动机中的分相绕组

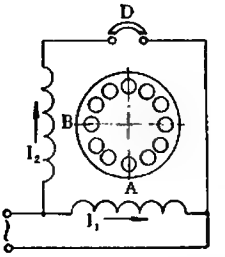
相起动的主要措施，就在于使I_1与I_2有较大的相位角差（最好接近于90°），一般用电阻、电容或电感均可达到不同程度的分相目的。

电阻分相电动机的接线如图6—7所示。辅绕组B与主绕组A不同之点：

（1）辅绕组B所用导线较细，以增加电阻；

（2）辅绕组匝数较少，以减少电感；

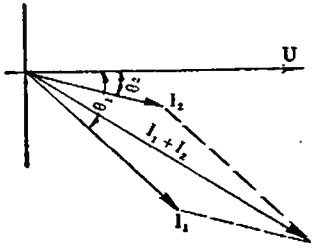
（3）两个绕组在同一槽中时，主绕组嵌在槽底部，电感较大。



A.主绕组 B.辅绕组 D.起动装置

图6—7 电阻起动式单相电动机

因两绕组的电阻电感不同，因此，使二者的电流相位角不同，图6—8为一台电阻起动式电动机的电流向量图，I_1与I_2的相位角差为24.3°（电角度），两个绕组中电流不同相，便能在电机中产生旋转磁场，使转子产生起动转矩。图6—9为这种电



$I_1 = 11.15$安，$I_2 = 9$安

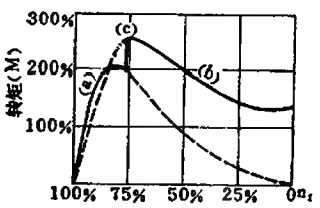
$|I_1 + I_2| = 19.7$安

$\theta_1 - \theta_2 = 24.3°$

图6—8 电阻起动式电动机电流向量图(起动状态时)

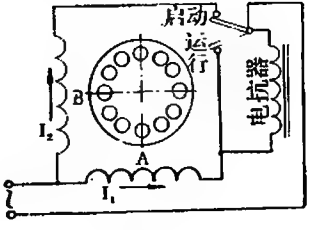
动机的转速与转矩曲线图。由曲线上可知，辅绕组的作用为使起动时产生起动转矩，待转速增加到一定程度后，辅绕组对增加转矩不起什么大作用，而有增加电动机铜耗、降低运转速度的弊病。因此，一般都附有起动装置，电动机起动后，当速度达到一定程度(一般为同步转速的75%左右)，起动装置便自动切断辅绕组的电源。

从图6—8中可以看出，$\dot{I}_1$与$\dot{I}_2$间的相位角是不很大的，若在主绕组中串入电抗器以增加电感，可使$\dot{I}_1$与$\dot{I}_2$的相位角差增大，这就成为电感分相电动机，其接线图如图6—10所示，起动电抗器与主绕组A串联，起动后电动机达一定速度时，起动装置跳换到运行位置，切断辅绕组，并同时使电抗器短路。这种电动机功率因数低起动转矩小(在起动过程中)，实际上已很少采用。



(a) 主绕组转矩曲线　(b) 起动时两绕组合成转矩曲线　(c)起动装置动作点

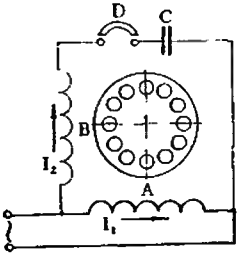
图6—9　电阻分相起动单相电动机转速—转矩曲线



A.主绕组
B.辅绕组

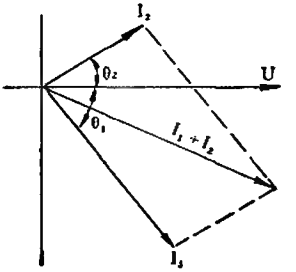
图6—10　电感分相起动式单相电动机

电容分相起动式单相电动机的接线如图6—11所示，电容器C与辅绕组B串联，使$\dot{I}_2$具有超前相位角，图6—12为一台电容起



A.主绕组 B.辅绕组
C.电容器 D.起动装置

图6—11 电容起动式单相电动机

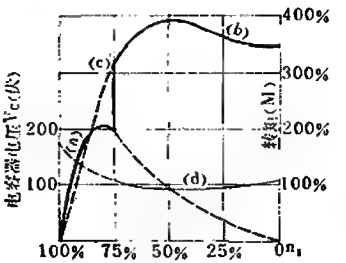


$\theta = 38.9°$ $\theta_2 = -41.9°$
$\theta_1 - \theta_2 = 80.8°$ $|I_1 + I_2'| = 144$

图6—12 电容起动式电动机电流向量图（起动时）

动式单相电动机的电流向量图，I_1与I_2间的相位角显著增大，也就是可以得到较大的起动转矩，同时可减少起动电流，提高功率因数，其优点是很显著的。

图6—13为一台电容起动式单相电动机的特性曲线，当电动机转速超过一定程度后（约70～75%同步转速），电容器的电压即将逐渐升高，故仍须用一起动装置，于一定转速时将电容器及辅绕组电源切断，以免损坏电容器。这种电机称电容起动电动机。也有在电动机运行时，电容器及辅绕组仍接



(a)主绕组力矩曲线 (b)两绕组合成力矩曲线 (c)起动装置动作点 (d)电容器电压与转速关系曲线

图6—13 电容起动单相电动机

于电源上，这种电动机称为电容运行电动机。后者不但解决了起动问题，而且也有较好的运行特性，它比普通的单相电动机有较大的过载能力和较高的功率因数。但电容器须具有较高的工作电压。

第二节　分相电动机

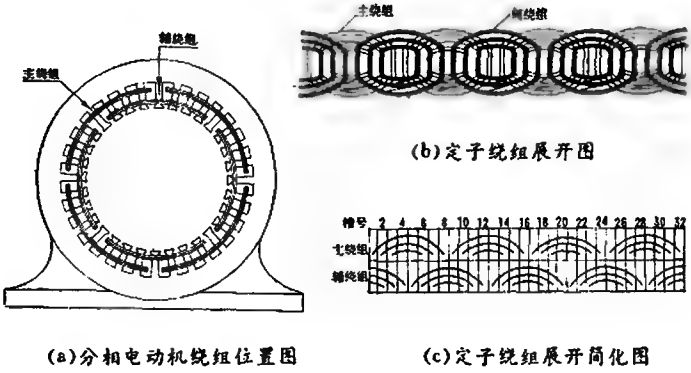
一、结构特点

如前所述，分相电动机系指电阻分相电动机。一般容量小于1瓩，常用来拖动各种小型泵和小型压缩机等器械。这种电动机可分为四个主要部分：（1）定子；（2）转子；（3）端盖；（4）起动装置。定子、转子铁芯用硅钢片叠压而成，转子铁芯上有鼠笼式绕组，端盖内有轴承支承转子，这些和三相异步电动机相同。定子铁芯上装有主绕组和辅绕组，辅绕组电路中有起动装置，这些是和三相异步电动机不同的。

（一）定子绕组

定子绕组中的主绕组，又称运行绕组，用较粗的绝缘导线绕成，位于定子槽的底部。辅绕组又称起动绕组，用较细的绝缘导线绕成，位于定子槽的上部。两种绕组的中轴线错开90°（电角度）。图6—14（a）为32槽2对极（4极）分相电动机的绕组位置图，图6—14(b)为其展开图，可以看出各绕组线圈的跨距及线圈端部排列情况。图6—14（c）为其简化图。简化图不仅绘制方便，且便于记录每槽线圈的匝数。

主绕组与起动绕组的接线，应使电枢相间地出现南极（S）



(a)分相电动机绕组位置图　　(b)定子绕组展开图　　(c)定子绕组展开简化图

图6—14　分相电动机定子绕组(4极32槽)

和北极(N)。图6—15(a)为接线图，(b)为其简化图，也适用"头接头，尾接尾"的规律。主绕组与辅绕组的线路必须分开联

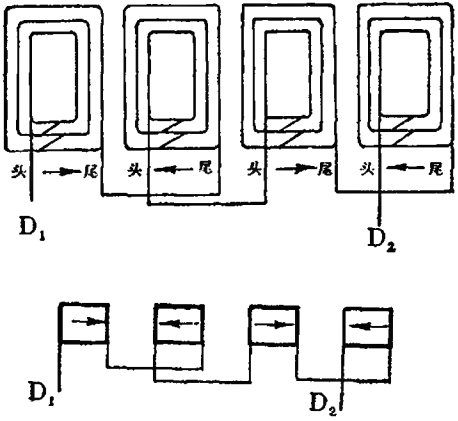
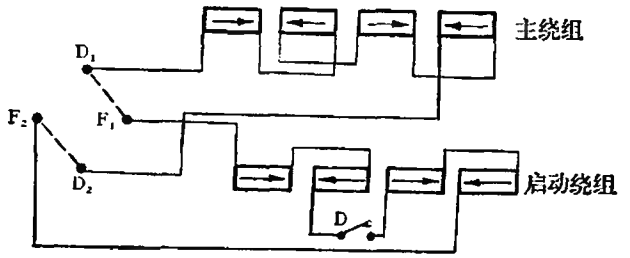


图6—15　主绕组接线图(2p=4)

接，如图 6 —16所示。两个绕组的端线均引到电机出线盒内，调换辅绕组的接头F_1、F_2，即可改变电动机旋转方向。



D—起动器

图 6—16　分相电动机接线(2P = 4)

为了改善电动机的性能，在许多单相电动机中采用“正弦绕组”。关于正弦绕组的情况，在本章第五节中再具体介绍。

(二)起动装置

起动装置串联在辅绕组线路中，其作用在电机起动后，切断辅绕组电源。以往普遍采用离心开关，现在一般都采用起动继电器。

离心开关包括静止部分和旋转部分，静止部分装在前端盖内，旋转部分则装在转轴上。其工作原理如图 6 —17所示，当电动机静止时，开关静止部分上的两个触头受旋转部分的弹簧压力而闭合，接通辅绕组；待电动机起动后，转速达到75%n_1左右时，转动部分的离心力克服弹簧压力，开关上的两个触头便自行离开，切断辅绕组的电源。

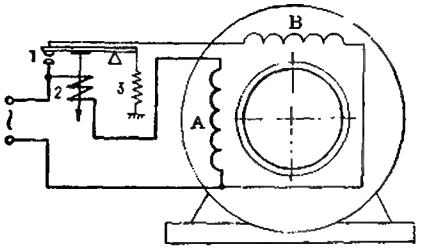
a)电机运行时触头断开　　b)电机静止时触头闭合

图6—17 离心开关工作原理

离心开关的结构较复杂，容易产生故障，又安放在电机端盖内，不便于检修维护，同时还使电机的轴向长度增大，因此现在已不生产，一般都采用起动继电器。即使原来采用离心开关的老式电机，有的也改装起动继电器来代替。起动继电器一般装在电机机壳上面。目前常用的有以下三种：

（1）电流型起动继电器：其接线原理如图6—18所示，触头1串联在辅绕组电路中，无外力作用时为开断状态（常开触头），继电器的电流线圈2与主绕组串联。当电动机起动时，起动电流比额定电流大好几倍，电流线圈使继电器的铁芯产生足够大的电磁力，使触头1闭合，于是电动机起动，转速上升，电流减少。当电流减到一定数值时（约相当于转速达到同步转速的75%左右时），电流线圈所产生的电磁力减弱到一定程度，不足以维持触头继续闭合，因此触头断开，切除辅绕组电源。

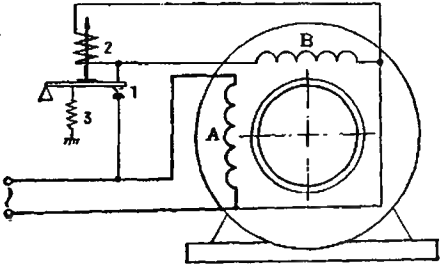
（2）电压型起动继电器：其接线原理如图6—19所示，触头1也是串联在辅绕组的电路中，无外力作用时为闭合状态（常闭触头），电压线圈2跨接在辅绕组上。当电机主开关闭合后，主绕组辅绕组都通入电流，电动机即行起动。电压线圈的阻抗远



1—常开触头　2—电流线圈　A—主绕组　B—辅绕组

图 6—18 电流型起动继电器接线图

比辅绕组大，在电动机低转速时，电压线圈中的电流很小。当电动机转速逐渐升高，辅绕组中反电势逐渐增大，使电压线圈中电流也逐渐增大，当增大到一定数值时（相当于电机转速上升到75%n_1左右），其电磁作用力使触头1断开，切除辅绕组电源。由于辅绕组中的感应电势，使电压线圈中继续有电流通过，维持触头1在断开状态。

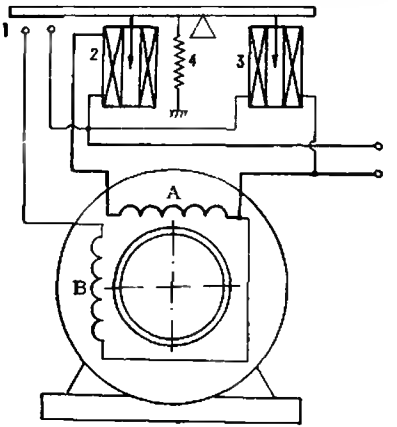


1—常闭触点　A—主绕组　2—电压线圈　B—辅绕组

图 6—19 电压型起动继电器接线图

（3）差动型起动继电器：上述两种起动继电器结构较简单，但有时可能产生误动作，在实践中人们又创造了差动型起动继电器。

差动型起动继电器的接线如图6—20所示，触头1串联在辅绕组电路中，由于弹簧4的作用，触头1闭合，接通辅绕组。当电动机起动时，电流线圈中电流很大，可保证触头1可靠地闭合。起动以后，当电流减小时，电流线圈的作用力减小，于是电压线圈的作用力，使触头断开，切除辅绕组电



1—常闭触头　2—电流线圈
3—电压线圈　4—弹簧
A—主绕组　B—辅绕组

图6—20　差动型起动继电器接线示意图

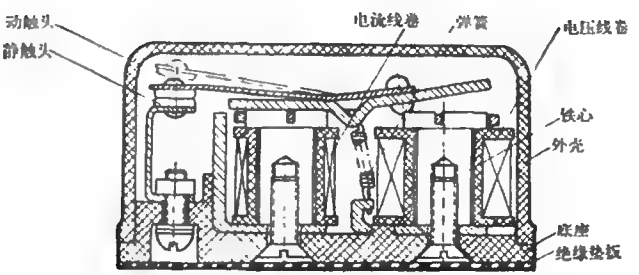


图6—21 差动型起动继电器结构图

源。这种继电器的结构如图 6 —21所示。

二、绕组的重绕方法

分相电动机绕组的拆换，和三相异步电动机相似，可照下列步骤进行：①记录各项数据，②拆去旧绕组，③重新配置槽绝缘，④重新嵌绕线圈，⑤接线，⑥试验，⑦烘焙浸漆。

(一)记录各项数据

记录各项数据是修理单相电动机时最重要的一个步骤，而常易被疏忽，以致因记录不全而使修理工作产生不必要的困难。对主绕组辅绕组，都应记明下述数据：(1)电动机名牌上的各项数据，(2)极数，(3)绕组型式，(4)跨距（每一个线圈所跨槽数），(4)每个线圈匝数和尺寸（应注意单相电动机中有时各圈的匝数和尺寸各不相同），(5)各绕组导线直径及导线材料，(6)接法(串联或并联，起动装置接线位置)，(7)各个绕组相互间的距离，(8)绕组绕法(手绕、模绕或束绕)，(9)槽绝缘的种类及尺寸。一般修理厂都有一定格式的修理记录表，须逐项填写清楚。

假如电动机内只有上面一层绕组（即辅绕组）烧坏了，那么就只记录辅绕组的数据，并加以修理。

(二)重绕方法

单相电动机的旧绕组拆除方法及槽绝缘的配置，与三相电动机相似。在放入新的槽绝缘前，应将槽内清理干净。

绕组重绕有三种方法：(1)手绕，(2)模绕，(3)束绕。一般先绕嵌主绕组，然后再绕嵌辅绕组。在两个绕组的接触面，

须隔以绝缘材料，以防短路。

（1）**手绕法**：采用手绕法时，槽内的导线用手工一匝一匝地绕入，先绕最里面的线圈，然后依次向外，直待整个一极的线圈全部绕完为止。同时注意线圈端部尺寸及形状，应防止端部尺寸过高，影响辅绕组的绕制，绕完一个极的线圈后，再着手进行第二个极的线圈的绕制。

手绕法绕成的线圈，一般端部均较紧凑，但操作不方便，工作效率较低，在局部更换绕组时常采用这种方法。如全部换绕组，则一般均采用模绕法或束绕法。

（2）**模绕法**：模绕时，各线圈必须先绕在金属或木制的线模上，然后将绕成的线圈嵌入槽内。线模形状和尺寸的测定，与三相电机相似。最小线圈的直线部分两端伸出铁芯的长度应大于6毫米，最大线圈的端线部分应不致与端盖相碰擦。由于单相电动机的线圈较小，每线圈的线模可以做成整块的，线模模心做出斜度以便取下线圈，线模模心宽度约为铁芯槽深的3/4。将同一极的线模用螺杆螺帽夹紧，即可进行绕线，如图6—22所示，为同心式绕组的线模。绕线时从最小线圈绕起，绕满所需匝数后，再绕较大的线圈，待全部绕完后，用棉绳将每个线圈扎好，然后松开螺帽，将一极的线圈从模上卸下来。

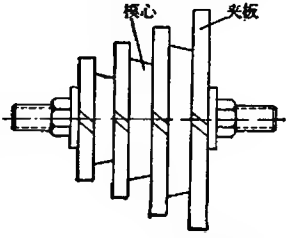


图6—22　简单绕线模

绕好的同芯式线圈嵌入槽内时，也是先从最小的线圈开始

嵌，与嵌三相单层线圈相似。嵌好后，包好槽绝缘，垫好主、辅绕组之间的绝缘，并将端部形状整好。

双层绕组一般都用模绕法，线模形状和绕线及嵌线方法，与三相电动机绕组相同。双层绕组一般都采用短距，以改善电机的电磁性能。图 2 —23为 2 极18槽的绕组图。

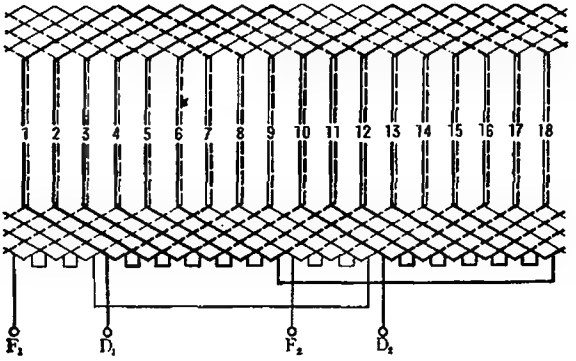
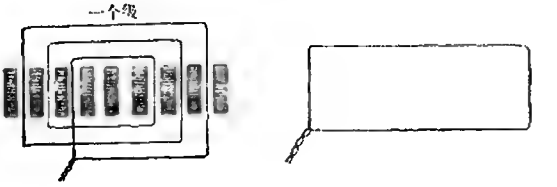


图 2 —23　单相电机双层绕组（2 极18槽）

（3）束绕法：束绕法适用于导线尺寸小于 ϕ0.74毫米以下的线圈。每一束的长度必须足够放满一个极内所有的各个线圈。每束的长度，可以根据在拆线圈时所测量的尺寸，也可按照图 6 —24（a）的方法，先拿一根粗一些的导线绕在槽内，圈与圈间留出适当的空隙，以免线圈放入时太挤，然后将线的二端绞起来，从槽内取下，弯成如图 6 —24（b）的长方形。然后按照它的形状大小，用 4 个钉子钉在木板上，如图 6 —25所示，把每束所需的匝数逐一绕在钉上。用棉纱绳在四周扎几道，即



(a)把一束线绕在槽内　　(b)将线放开使成为一个长方形

图 6—24 决定每束线圈尺寸的方法

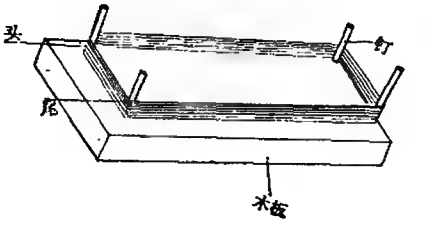


图 6—25 将导线绕在钉上成束线圈

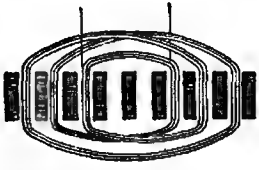
可将束线从钉上取下，再绕第二束。

将成束线圈嵌入铁芯槽内时，先将槽绝缘放好，然后如图 6—26(a)所示，将头尾引线端嵌入节距最小的两个槽内，再将线束扭转，继续嵌入节距较大的两个槽内，如图 6—26(b)所示，其余依次进行，直至该极绕组全部嵌好，如图 6—26(c)所示。有些电动机须在同一节距的两个槽内放上二次甚至三次，如图 6—26(d)表示中间线圈重迭一次的情况，即在该两槽内导线匝数比相邻各槽多一倍。

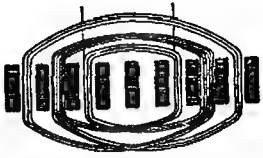
嵌好一束后，即折复槽绝缘，打好槽楔，垫好端部绝缘，并整理好线圈端部形状。

(a)将束线圈放在节距最小的二个槽内

(b)扭转线圈放入节距较大的另外二个槽内



(c)再扭转嵌完整个一极



(d)中间有重迭线圈的束绕绕组

图 6—26 束绕线圈的嵌法

三、故障的检查与修理

分相电动机可能发生的故障，如绕组的短路、断路、接地

和反接，以及机械方面的故障，和三相电动机基本相似，其检查和修理方法也基本相同，可参考第三章。但分相电动机的辅绕组和起动装置这方面的故障是单相电动机所特有的问题。而单相电动机一般容量都比较小，气隙也小，因此也带来某些特有的机械故障。下面列出一般容易发生的故障及其现象，以供分析参考。

（一）分相电动机不能起动

如果电源的电压正常，而在电源接入后电动机仍不能起动，它的原因可能是：（1）主绕组内断路；（2）辅绕组断路；（3）绕组因过热烧毁或短路；（4）过载保护器开路；（5）过载；（6）轴承太紧或轴承损坏；（7）端盖装配不正；（8）转轴弯曲定转子相擦；（9）转子断条等。

主绕组和辅绕组中，任何一个绕组电路有断路情况，电动机即不能起动。一般辅绕组电路发生断路的故障较多，电动机接上电源时，嗡嗡发响而不能起动，可用人力先把电动机起动。如图 6—27所示，用一根小绳绕在转轴上，用力将绳一抽，电动机即行转动，同时迅速将电源开关闭合，若电动机继续运转，即说明问题发生在辅绕组电路内。

检查辅绕组断路的方法，可采用万用表或检验灯。首先检查起动装置，如果起动装置用的是起动继电器的话，可将继电器与辅绕组串联的两个接头“短接”，合上电源，若电动机能起动，则说明起动继电器有问题。可能继电器触头接触不良或损坏，或是铁芯线圈产生的电磁力不足，（例如铁芯上的短路环不平整），或是弹簧失效，应针对其原因，加以修复。如果起动

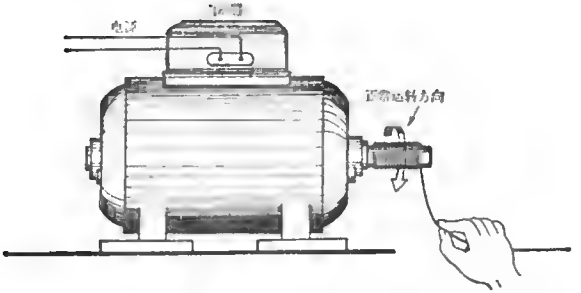


图 6—27　用人工方法使电动机起动

装置是离心开关，在辅绕组电路串联检验灯后，将转子朝前端盖方向推动，检验灯即发亮，说明离心开关的触头在静止时未闭合。这是由于转子的轴向游动或松动的范围太大，一般轴向游动的范围不能超过0.4毫米，如游隙过大，可用纸制垫圈衬在后轴承外面，以校正转子与定子的位置，使离心开关在静止时触头闭合。如将电动机转子推动仍呈现断路现象，就得把电动机拆开，检查离心开关。若开关因油污灰屑侵入而不灵活，须把它仔细洗擦干净，如因零件磨损失灵，则须更换零件。重装后须校好触头的闭合压力。

如起动装置没有什么问题，就须检查辅绕组。把检验灯的一端接在绕组的一端，将另一端分别去接触各极线圈的出线端，如图 6 —28所示，当接触①、②端时灯亮，而接触③④端时灯不亮，就说明在②、③之间的第三极线圈有断路。这时可把②、③之间短路，若接触④时灯亮，说明③、④之间未断路，如接触④时灯不亮，则说明③、④之间亦有断路。可参考第三章所

述方法，把断路之处找出，加以修复。

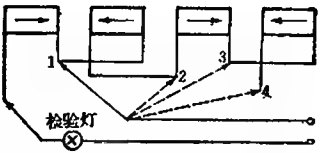


图 6—28　检查绕组内断路部位的方法

有的单相电动机电路中常串联有双金属片制成的过载保护器，当电动机温度过高或电流过大时，双金属片受热膨胀而自动使触头跳开，但等电动机冷却或电流减少后，必须仍能回复原来的接通状态。如触头上有油污、灰屑或烧损情况，就容易造成开路或在电流不很大时就跳动，必须仔细清理干净或更换烧损零件，使保护器恢复正常情况。

端盖装配不正，电机用手转动时可感觉到阻力很大，由于单相电动机的起动力矩较小，因此易造成电动机不能起动。可将端盖螺钉稍松一些，用木榔头轻敲端盖周围，同时试旋转轴，检查阻力变化情况。当电机转动灵活时，再将端盖螺钉对称均匀地拧紧，并边拧边用手转动转子，应不使阻力过分增大。

如调整端盖仍不能减低阻力，则可能是轴承太紧或轴承损坏。关于轴承检修可参考第三章有关部分，这里不重叙。

微型电动机有时采用套筒轴承，套筒轴承磨损后，用手握轴，可将转子上下摇动，这样将引起转子偏心，与定子相擦，使电动机不能起动，须更换新的套筒。

微型电动机的轴很小，刚性较差，往往因保护不良或装配时工作不慎，造成转轴变形弯曲，使定转子相擦。可在虎钳上或车床上将弯曲部分校直，但操作须十分仔细，不可损伤转轴

表面。如不能校好时，须重换新轴。

(二)分相电动机转速低于正常运转的转速

如电源电压和频率正常，则转速过低可能由于下述一种或某几种原因所造成：①辅绕组没有脱离电源；②主绕组内发生短路；③主绕组接线错误；④轴承损坏；⑤转子导条松脱或断条。

辅绕组在起动后未切除，电动机转速较慢，有时还发出种种噪音，和主绕组内发生短路的情况相似。为了进一步检查分析，可暂将辅绕组的引出线头F_1或F_2拆开脱离电源，按图6—27的方法，将电动机用人力带动，同时将主绕组电源接通，若电动机运转正常，则说明原来的故障是辅绕组所引起的。

辅绕组起动后不能切断的原因，可能是继电器或离心开关的触头融牢或胶结在一起，或受灰屑阻塞后触头不能断开，应加以仔细清理，必要时更换烧坏了的触头。或由于继电器弹簧失效，必须重换弹簧。也可能是转轴的轴向位置调整得不好，将离心开关压死了或压得太紧，应适当调整所加的纸制垫圈厚度，使离心开关能在规定速度时切断电源。

(三)电动机在运行时发热

有的电动机在运行后不久发热，可能由于下述原因：(1)主绕组短路；(2)辅绕组与主绕组碰线，即绕组间短路；(3)过载；(4)轴承损坏；(5)电源电压过低；(6)电机冷却风路被堵塞。

(四)电动机在运行时有噪音

电动机发生噪音时，首先应分辨噪音的产生是由于机械方

面的原因还是由于电磁方面的原因。将电动机开动后，突然将电源切断，在切断电源后噪音立即消失，说明是电磁方面的原因引起的；如切断电源后噪音随转速的降低而逐渐减少，则说明是机械方面的原因引起的。

机械噪音的原因，一般可能是：（1）外面的纸屑进入电动机内部；（2）定子绕组导线或绝缘凸起与转子相擦；（3）挡风罩位置不正，与风叶片相碰；（4）轴承游动太大或轴承内有杂质侵入；（5）离心开关损坏。

电磁噪音的原因可能是：（1）绕组极性接错；（2）绕组短路；（3）转子导条脱焊或断裂。

上述这些故障的检查和修理，与三相电动机大致相同，可参考第三章有关部分。

第三节　电容电动机

电容电动机的构造与分相电动机基本相同，但辅绕组线路中串有电容器。电容电动机的起动转矩较分相电动机大，而起动电流却反而小一些。有的电容器仅起动时使用，起动后由起动装置将电容器及辅绕组的电路切断，这种电动机称为电容起动电动机。有的电容器及辅绕组于起动后亦不切除，（或只切除一部分电容，而仍留有一部分电容）运行时和主绕组一同工作，这种电动机称电容运行电动机。

电容电动机是应用得较普遍的一种单相电动机，功率从几十瓦至10瓩不等，常用于小吹风机，小压缩机、电冰箱、电影放映机、医疗器械，以及作为小机床的动力设备。

一、电容电动机的类型

(一)电容起动电动机

如图6—29所示，电容器一般装在机座顶上，电容器通过起动装置接于辅绕组，两绕组的出线端D_1、D_2，F_1、F_2接于接线板上，如需改变电动机的旋转方向，只需将F_1与F_2的接线位置调换即可。由于起动时间很短（一般仅数秒钟），故可采用电容量较大、价格较廉的电解电容器。

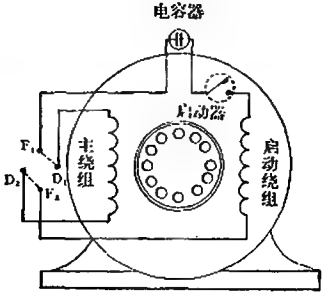


图6—29　电容起动电动机

(二)电容运行电动机

如图6—30所示，外形和电容起动电动机相同，但电容器与辅绕组线路中没有起动装置。因此，电容器与辅绕组在电动机运行时亦通电工作。这种电容器须能长期耐较高的交流电压（电容器的端电压常高于外加电压U_H）。必须采用价格较贵的纸介质电容器或油浸纸介质电容器，而不能采用电解电容器。

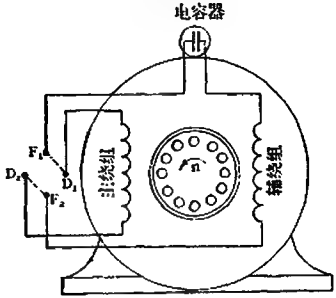


图6—30　电容运行电动机

由于电容器在正常运行时工作，一般根据运行性能要求

来选择电容量，电容量较小，因此起动转矩亦较小，这是电容运行电动机的主要缺点。但这种电动机省去了起动装置，运行时的功率因数较高，运行噪音较小，而且由于两个绕组都带电运行，因此使电动机的材料利用率可以设计得高一些。得到较大的功率，这是它的主要优点。

(三)双电容电动机

为了综合上述两种电动机的优点，设计了双电容电动机，如图6—31所示。在电动机起动时，两个电容器都接在辅绕组中，电动机起动后，由起动装置切断其中一个电容器（起动电容器），而使另一电容器（运行电容器）与辅绕组仍通电工作。运行电容器用纸介质电容器或油浸纸介质电容器，电容量可以小一些，起动电容器可用电解质电容器，可以得到较大的起动转矩。

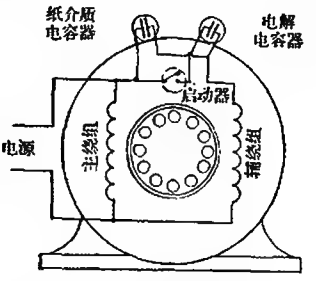


图6—31　双电容电动机

(四)电容器变压器组合电动机

有些电动机利用一个自耦变压器和一个电容器以代替二个电容器，如图6—32所示。自耦变压器的作用，是使起动时加于电容器的电压增高，等效电容则按电压的平方增减。若自耦变压器中ab段的匝数为ad段匝数的1/2，电源接在ab上，则接于ad处的电容器所受的电压，将二倍于ab电压，电压增高一倍，等效电容量可增加四倍，因此原来的4微法的电容器，在这时

的等效电容为4×4即16微法。若ab的匝数为ad的1/4，则电容器电压将增加4倍，等效电容量可增加16倍，4微法的电容器就可以相当于64微法的作用。

电容器上的电压过高，很易造成绝缘击穿或过热现象，因此当电动机起动后，利用起动装置的作用，将b′移到c′点，降低电容器的电压和等效电容量，以适应于运行性能要求。

这种电动机，一般均采用油浸纸介质电容器，容量为4～16微法，一般在电动机上面装一个方形的铁盒，盒内装着自耦变压器及电容器，其接线图如图6—33所示。

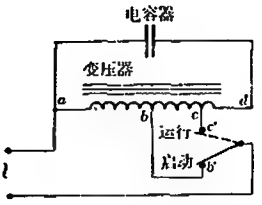


图6—32　电容器变压器组合

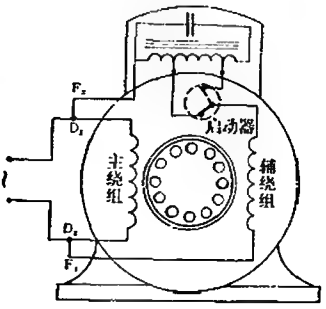


图6—33　电容变压器式单相电机

二、故障的检查与修理

电容电动机可能发生的故障，大致和分相电动机类似，下面列出比较容易发生的故障及其原因，以供分析时参改。

(一)电动机起动时转矩不足或起动困难。可能是：(1) 电容器电容量不足；(2) 轴承损坏；(3) 绕组短路；(4) 转子铜条松焊或局部断条；(5) 绕组线路接错。

(二)当电流通入后熔丝即行烧断。可能是：(1) 绕组短路；(2) 电容器短路；(3) 绕组通地；(4) 过载；(5) 轴承严重损坏；(6) 起动装置失灵。

(三)电动机不能转动并发出嗡嗡声。可能是：(1) 电容器开路；(2) 辅绕组或主绕组断路；(3) 轴承卡死；(4) 定转子相擦；(5) 过载。

(四)电机运行时冒烟。可能是：(1) 绕组短路；(2) 起动装置失灵，不能切断辅绕组；(3) 电容器或自耦变压器损坏；(4) 轴承有故障；(5) 过载。

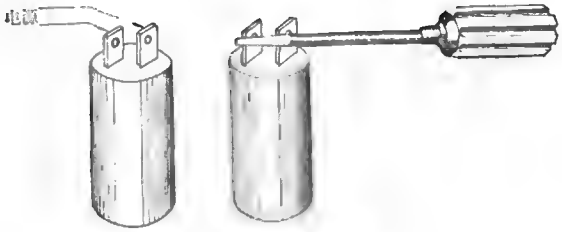
除电容器部分外，其他方面的检查与修理方法和分相电动机基本相同，不另作介绍。

(五)电容器的检查

电容电动机的故障，常为电容器不好所造成。电容器因为短路、断路、腐蚀而失去电容量。起动用的电解电容器，尤其容易发生故障。

检查电容器时，先将电容器接线柱上的接线拆掉，用万用表检查电容器已否短路，或用一个10安培的熔丝和电容器串联，然后按图6—34(a)所示，接于电源上，若熔丝烧断，说明电容器内部已短路，必须换新的。如熔丝未断，则接上电源2—3秒后即切断电源(尤其用交流电源试电解电容器时不能久接)。这时电容器已"充电"，经充电的电容器再不能用手接触，以免发生危险。然后用一把有绝缘的起子，将电容器两端短接如图6—34(b)所示，电容器即通过起子放电，可看见有火花发生。如没有火花，即表明电容器已断路或电容量已减少很多，必须

更换。这种检查方法须重复“充电”、“放电”多次才能准确。如有适当的直流电源作充电试验，则一次即可试好。



（a）接上电源充电数秒钟　　（b）用绝缘柄起子放电

图3—34　电容器简便检查法

上项试验时，即使有火花发生，也不能决定电容量是否已减少，电解电容器常因铝箔被腐蚀或电解液变质而减少电容量。电容量虽已减少，但仍可产生火花。如果觉得这个电容器不很可靠时，应进一步检查其电容量。

测定电容量的接线如图6—35所示，将交流电流表和交流电压表接好后，通过熔丝接于电源上，同时读出电流表和电压表的数值。如为电解电容器时，则通电的时间应很短（数秒钟），否则将损坏电解电容器。

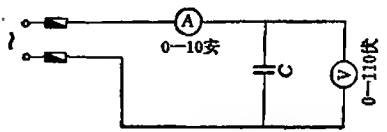


图3—35　电容量的测量

从电表上读得的数值，即可用下式算出电容量（当电源频率为50赫时）。

$$\text{电容量(微法)} = 3180 \times \frac{\text{电流表读数(安)}}{\text{电压表读数(伏)}} \qquad (6—1)$$

如所算出的电容量小于额定值的60%时，这个电容器一般是失效了，必须掉换。

在现场检修时，检修人员常带有几个备用电容器（应经检查确是好的）。当电动机发生故障时，如怀疑是电容器的毛病，可用备用电容器(电容量大小应与原用的相差不多)代替原来的电容器，如电动机起动和运行正常，说明故障是由原来的电容器引起的，若电动机仍不正常，则说明还有其他方面的故障。

双电容电动机和电容器变压器组合电动机，当电容器或自耦变压器损坏，一时不能照原样修复时，可以改为电容起动电动机暂时使用，即用一个容量较大的电解电容器替代之。替代时注意电解电容器必须与起动装置串联。替代后的电动机可具有足够的起动转矩，但运行时的功率因数、效率均较低，且可能有较大的噪音。因此这样的替代办法只能作为暂时措施。

第四节　罩极电动机

罩极电动机是最简单的一种单相交流电动机。它的起动转矩虽较小，但不需要起动装置和电容器，因此在微电机中采用较普遍。功率自0.5瓦至120瓦，多用于电风扇、电烘箱、电唱机、家用电器等。

一、罩极电动机的构造

罩极电动机和其他异步电动机相似，主要部分有定子、转

子和端盖。

转子一般为鼠笼式，在硅钢片转子铁芯槽中铸有铝质鼠笼绕组。功率甚微的电动机，则用圆钢制成整体转子。一端的端盖常与机座合铸在一起，另一端端盖则是可拆的。端盖上一般装套筒轴承，也有装滚珠轴承的。

定子由硅钢片叠成，压入或铸在机座内。较小的罩极电动机定子具有凸出的磁极，如图 6—36 所示。在极面小槽中嵌入短路环，凸极上装有主绕组，一般为集中式激磁线圈（与一般直流机激磁线圈相似）。也有用束绕法将几个磁极线圈一次绕成，然后按图6—37的方法嵌装在定子内。

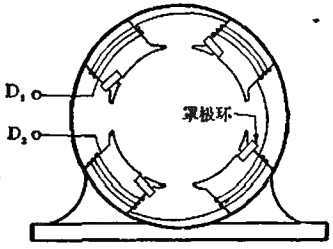


图6—36 凸极式罩极电动机定子（4极集中绕组）

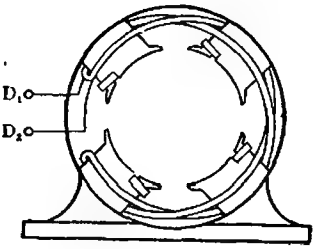
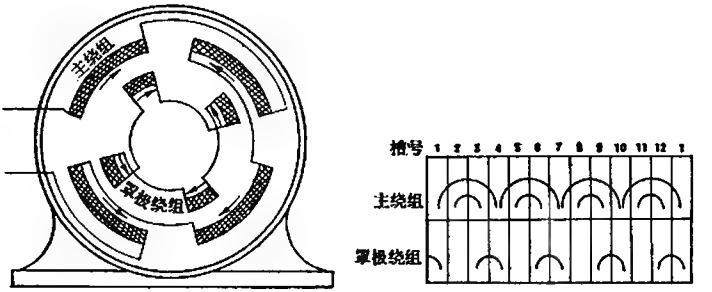


图6—37 凸极式罩极电机定子（4极束绕绕组）

较大的罩极电动机的定子与一般分相电动机相似，定子铁芯内圆有槽，主绕组分布于各槽中。罩极绕组也不是短路环，而是嵌于槽中的带绝缘的罩极绕组。罩极绕组所分布的槽数约为总槽数的1/3。主绕组与罩极绕组分别串联自成独立电路，罩极绕组串联后再自行短路。罩极绕组的极性应与主绕组相同，

亦即相邻地出现北极和南极，如图6—38所示。



（a）接线图　　（b）绕组分布图

图6—38　分布绕组式罩极电动机定子(4极12槽)

罩极电动机的旋转方向，是由主极面中心向罩极面中心转动。一般罩极电动机不考虑改变旋转方向。如必须改变方向，最简单的办法是将定子或转子反向安装。在分布绕组的定子中，也可以做成两套罩极绕组，用改变罩极绕组对于主绕组的位置来达到改变转向的目的。如图6—39所示。

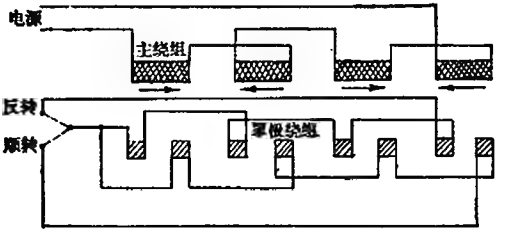


图6—39　可逆转罩极电动机接线图

二、故障的检查与修理

(一)电动机不能起动

电源接入后电动机不能起动，可能是：(1) 主绕组断路；(2) 罩极线圈断路；(3) 主绕组短路；(4) 转轴弯曲变形；(5) 轴承太紧或损坏；(6) 端盖装得不正；(7) 转子断条。

主绕组的断路短路及轴承端盖等机械方面的故障，其检查与修理方法，与分相电动机相同。由于罩极电动机的容量小，起动力矩更小，因此更易因机械故障而影响电动机不能起动。往往因为轴承油垢，润滑油粘度太大（此情况天冷时更应注意），或转轴与端盖之间有灰屑而将电动机卡死。由于气隙很小，亦易因转轴弯曲或套筒轴承磨损而使定转子相擦。

罩极绕组断路，一般是由于短路环开裂或罩极绕组焊接头松脱，查明断路处焊好即可，必要时须重换短路环。

(二)电动机的转速低于正常运行的速度。可能是：(1) 电源电压不足；(2) 主绕组接线错误；(3) 主绕组短路；(4) 转子导条脱焊或断条；(5) 轴承损坏，影响机械损耗增加。

(三)电动机在运转时发热。可能是：(1)绕组短路；(2) 轴承损坏；(3) 过载。

(四)电动机运行时有噪音。可能是：(1) 主绕组接线错误；(2) 主绕组短路；(3) 转子导条松脱或断条；(4) 轴承损坏；(5) 外界纸屑侵入电动机内部，与转子相擦发音。

这些故障的检查和修理，与分相电动机相同。

第五节　单相电动机的重绕计算

单相电动机的绕组设计，在理论分析和经验积累方面，都不如三相电机那么完善，计算结果的准确程度也比较差。一般制造厂对设计的单相电机，必须在样品制成后进行试验改进，有的还须经长期实践和修改，才能得到比较满意的结果。因此在修理电机时，应仔细纪录原来的绕组数据，照原样重绕修复，不要轻率地更改原来的数据。

如果原来的绕组数据已无从查考，或原来绕组在使用中已发现很明显的缺点，就必须根据定子铁芯尺寸来重新配制绕组。下面简单地介绍重换绕组时必须考虑的几个问题。

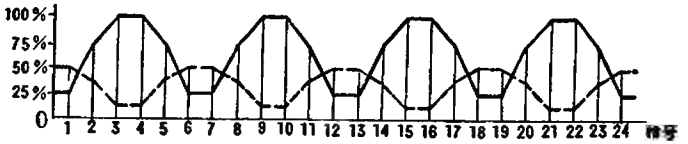
一、绕组型式的选择

单相电动机的容量和定子内径较小，常采用单层同芯式绕组，如图6—14所示。单层绕组一般都做成全距的。起动后辅绕组切断的电动机中，主绕组占总槽数的2/3，辅绕组占1/3。起动后辅绕组不切断的电动机，两个绕组所占的槽数应相等。

当主绕组分布在2/3的总槽内数时，磁势曲线中的三次谐波自行消除，但辅绕组的三次谐波磁势的振幅可能达到基波振幅的25%，其他高次谐波（五次、七次谐波等）在单层绕组时也表现得特别显著。高次谐波的存在，可能使电动机起动过程中，达某一低转速时，转矩陡然下降，甚至使电动机“胶住”在这种低速情况下，不能上升到正常运转速度。

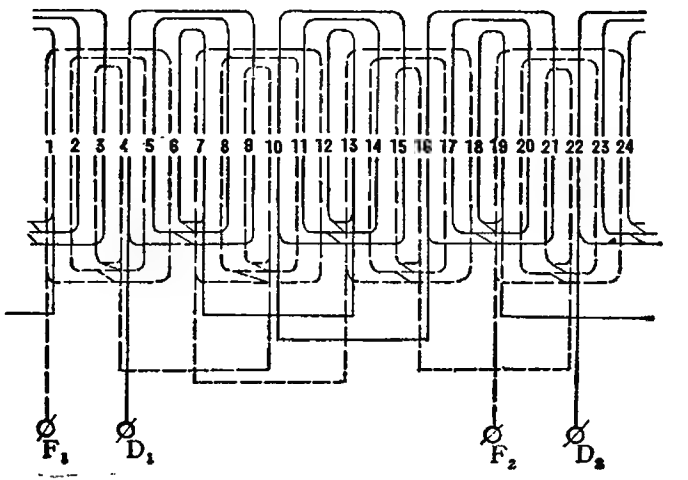
双层绕组便于布置成短距线圈，当采用节距为$(2/3\tau)$的

短距绕组时，可以完全消除主绕组和辅绕组磁势曲线中的三次谐波，起动性能可以改善。但在小直径定子内嵌装双层绕组，比较困难，因此采用较少。



(a) 个槽导体分布图

实线为主绕组导体分布曲线
虚线为辅绕组导体分布曲线

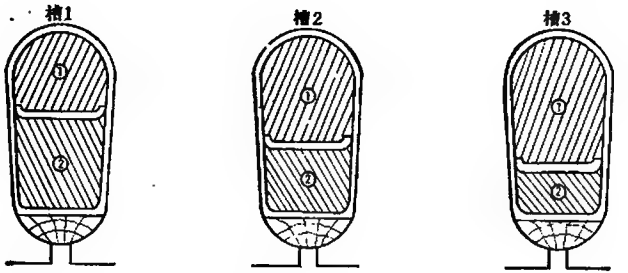


(b) 绕组接线图

图6—40　单相电动机正弦绕组(4极24槽)

为了改善电动机性能，单相电动机常采用“正弦”绕组。这种绕组的各槽导体数按照一定规律分布（见图6—40(a)），使电机气隙磁势的分布接近正弦波形，因此称为正弦绕组。这种绕组能消除或显著地削弱各种高次谐波，首先应用於自动化装置用的异步电动机，现在已普及於一般用途的单相电动机。

从线圈的形状来看，正弦绕组与同心式单层绕组相似，如图6—40(b)所示。采用正弦绕组时，定子铁芯槽数不按主绕组与辅绕组来分配，而是把两种绕组的导体按不同数量分布在定子各槽中。图6—40(a)中绘出了以相对单位表示的各槽导体的分布情况（取主绕组槽内导体最多的数值作为100%）。嵌线时槽内嵌有不同绕组的两个线圈边（见图6—41），上下层间须垫入层间绝缘，这点与双层绕组相似。但正弦绕组的主绕组的各线圈边全部放在底层，辅绕组的各线圈边全部放在上层。嵌线和修理都比双层绕组方便得多。当然，各线圈匝数不等，使绕线复杂



①—主绕组　　②—辅绕组

图6—41　匝数不等的线圈在槽内嵌装情况

些，而且有些槽满率也比较低，影响铁芯的有效利用率，这是正弦绕组的主要缺点。近来有些制造厂采用复式冲模，适当改变某些槽形大小，使满足正弦绕组分布的需要，以弥补上述缺点。

二、正弦绕组的布置

正弦绕组的布置，举例说明如下：

设单相电动机铁芯为24槽，极数2p = 4。主绕组和辅绕组均布置成正弦绕组。

每极槽距$\tau_p = \frac{Q}{2p} = \frac{24}{4} = 6$槽，正弦绕组可布置成图6—42(a)与(b)两种形状(只画出一个极的绕组)。

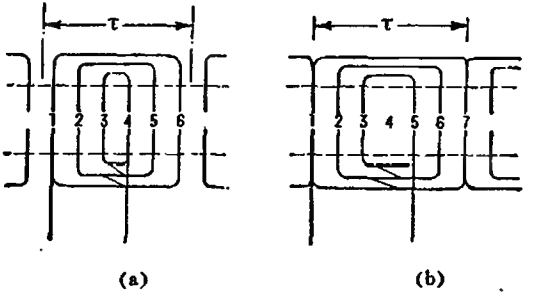


图6—42　正弦绕组分布形状(τ = 6槽距)

对图6—42(a)而言，正弦绕组中各槽匝数的计算如下：

线圈3—4节距一半的正弦值 $= \sin\frac{1}{6} \times 90° = 0.259$

线圈 2—5 节距一半的正弦值 $= \sin\frac{3}{6} \times 90° = 0.707$

线圈1—6节距一半的正弦值 $= \sin\frac{5}{6} \times 90° = 0.966$

每极线圈的正弦值之和 $= 0.259 + 0.707 + 0.966 = 1.932$

线圈3—4占每极匝数的百分率 $= \frac{0.259}{1.932} \times 100\% = 13.4\%$

线圈2—5占每极匝数的百分率 $= \frac{0.707}{1.932} \times 100\% = 36.6\%$

线圈1—6占每极匝数的百分率 $= \frac{0.966}{1.932} \times 100\% = 50\%$

主绕组与辅绕组的分布百分率一般基本相同，但线圈的中心线错开 $\frac{\tau}{2}$（90°电角度）的距离。

由上面的计算结果，可见中间两槽（3*，4*）的线圈匝数是较少的，通常将中间两槽空出，专备嵌放辅绕组线圈，而槽1*和槽6*，则全部嵌主绕组线圈，不嵌辅绕组。这样每极只有两个线圈，其正弦值 $= 0.707 + 0.966 = 1.673$。线圈3—4匝数为零。

线圈2—5占每极匝数的百分率 $= \frac{0.707}{1.673} \times 100\% = 42.3\%$

线圈1—6占每极匝数的百分率 $= \frac{0.966}{1.673} \times 100\% = 57.7\%$

这样调整后，对磁势的正弦波形影响不很大，而可使绕线嵌线比较简便，槽利用率也可以较高一些。

如采用图6—42(b)的形状，正弦绕组中各槽匝数的计算方法和上面相同，但须注意线圈1—7只占计算值的一半，另一半须放在相邻的极面下。

线圈3—5节距一半的正弦值 $= \sin\frac{2}{6}\times 90^\circ = 0.5$

线圈2—6节距一半的正弦值 $= \sin\frac{4}{6}\times 90^\circ = 0.866$

线圈1—7节距一半的正弦值 $= \frac{1}{2}\sin\frac{6}{6}\times 90^\circ = \frac{1}{2}\times 1.0$

$= 0.5$

每极线圈正弦值之和 $= 0.5 + 0.866 + 0.5 = 1.866$

线圈3—5占每极匝数的百分率 $= \frac{0.5}{1.866}\times 100\% = 26.8\%$

线圈2—6占每极匝数的百分率 $= \frac{0.866}{1.866}\times 100\% = 46.4\%$

线圈1—7占每极匝数的百分率 $= \frac{0.5}{1.866}\times 100\% = 26.8\%$

在极距 $\tau = 6$ 槽的电动机中，采用图 6—42(b)形状的正弦绕组比较恰当。当定子内径不大时，三个线圈的匝数可近似地采用1:2:1的比例，便于采用束绕法，可简化绕线工作。

三、绕组串联匝数的计算

主绕组串联匝数W_A，可简略地用下列公式计算：

$$W_A = \frac{k_E U_H \times 10^8}{4k_B f \phi k_{dP1}} = \frac{k_E U_H \times 10^8}{4k_B \alpha \tau l B_g f k_{dP}} \qquad (6—2)$$

式中U_4——额定电压(伏)

k_E——压降系数。一般取0.7～0.9，小容量电动机取较小值。

k_B——波形系数；α——极弧系数；

($k_B\alpha$)乘积一般为0.72～0.78；

τ——极距 $=\frac{\pi D_i}{2p}$；　D_i——定子内径(厘米)；

$2p$——极数；　l——铁芯有效长度(厘米)；

B_g——气隙磁密；$2p=2$时，一般为3500～5000高斯；

$2p=4$时，一般为5000～6500高斯。

电动机容量较小时B_g取较小值，若电气响声要求特别小的电动机，B_g应比一般电动机减少20%左右。

k_{dP}——基波绕组系数
- 单层全距绕组时约为0.9
- 采用正弦绕组时约为0.78
- 采用集中绕组时为1.0

主绕组是决定电动机运行特性的主要因素，主绕组匝数W_A取得不适当，就可能产生最大转矩不足，或空载电流过大等现象。情况严重时，须对串联匝数W_A加以适当调整，若W_A增加时，空载电流将减少，而最大转矩亦将减少，当W_A减少时，空载电流和最大转矩相应增加。

辅绕组参数的选择，很大程度上决定单相电动机的起动性能。辅绕组的形式，一般和主绕组相似，辅绕组串联有效匝数W_B与主绕组匝数W_A之比($k=W_B/W_A$)确定之后，即可根据主绕组推算出辅绕组。

对于起动后即行切断的辅绕组(起动绕组)，在分相电动机中，(W_B/W_A)的比值k，一般取0.5；在电容运行电动机，辅绕组起动后不切断，匝数比一般为1。

修理后的电动机，若起动性能不合要求时，可对辅绕组进行适当的调整。在分相电动机中，如起动转矩过小，可适当减少 W_B 的匝数，如起动电流过大，可适当增加 W_B 或辅绕组电路中的电阻 R_B。在电容起动或电容运行电动机中，如起动转矩过小，一般是增加 W_B 匝数或增加电容器的容量；如起动电流过大，可增加匝数并同时减少电容量；如电容器的端电压过大，则应增加电容器的电容或增加辅绕组的电阻。

四、导线尺寸的确定

根据铁芯槽形尺寸大小来确定导线截面积，须先算出每槽导体数，在单相电动机中，主绕组的导线较辅绕组的导线粗，因此根据主绕组来考虑槽满率。

对于一般单层绕组或双层绕组，在第一节曾经谈到，主绕组占定子总槽数的2/3或1/2，由此可以确定主绕组槽数 Q_A。主绕组串联匝数 W_A 每匝包含两个导体，若主绕组的并联路数为 a，由此可得出主绕组每槽导体数 Z_A，

$$Z_A = \frac{2W_A a}{Q_A} \qquad (6-3)$$

测定铁芯槽形面积 A_S（参考第五章公式（5—20）至（5—26））及槽绝缘所占面积 A_i，则得槽有效面积 A

$$A = A_S - A_i$$

单相电动机一般容量小，定子内径也小，嵌线不方便，槽满率通常应不超过0.75，因此可求出导线（带绝缘）的外径 do，

$$d_0 = \sqrt{\frac{0.75A}{Z_A}} \qquad (6—4)$$

根据导线绝缘外径d_0及所选用的绝缘导线品种(一般用QZ高强度聚脂漆包线）可查出导线直径d。

对于正弦绕组，根据主绕组匝数最多的线圈来确定导线截面积。

已知正弦绕组串联匝数W_A，并联路数a，极数2p，则可算出每极匝数W_{Ap}

$$W_{Ap} = \frac{W_A a}{2p} \qquad (6—5)$$

照前述方法求出每个线圈所占每极匝数的百分率，由此可得出匝数最多的槽中的导体数Z_A，再按公式（6—4）求出导线直径d_0及d。

如果主绕组匝数最多的槽中，同时嵌有辅绕组时，则在计算有效槽面积A时，应减出辅绕组在该槽中所占的面积（先概略估算，待绕组算出后，再进行核对调整）。

如果已知电机的额定电流I_1则可直接算出主绕组的导线截面积S_A，

$$S_A = \frac{I_1}{a\Delta_A} \quad (平方毫米) \qquad (6—6)$$

式中：a——主绕组并联路数

Δ_A——主绕组电流密度。一般取5—8安/毫米^2；小容量电动机取较大值。根据S_A，可查出导线直径及绝缘外径d_0，然后核算槽满率。

辅绕组的导线截面积。对于电容运行电动机，两个绕组一般用同一种导线。对于起动后切除的辅绕组，按照启动电流来选择导线，电流密度可比主绕组大2—3倍，有时可达5倍左右。由于导线较小，辅绕组的槽满率一般都很低。

例题6—10 有一分相电动机，定子铁芯内径$D_1=72$毫米，铁芯长$l=42$毫米，铁芯槽数24，极数$2p=4$，拟用于单相220伏电路上，计算绕组数据。

(1) 绕组型式的选择。采用正弦绕组，每极槽数为6，可按图6—42(b)的形式排列。

(2) 主绕组串联匝数的计算。

$$\tau=\frac{\pi D_1}{2p}=\frac{\pi\times 7.2}{4}=5.65\text{厘米}$$

$l=4.8$厘米　$U_H=220$伏，$f=50$

由公式(6—2)求主绕组串联匝数W_A，取$k_E=0.8$ $B_g=5500$，$k_B\alpha=0.75$，$k_{dp1}=0.78$

$$W_A=\frac{0.8\times 220\times 10^8}{4\times 0.75\times 5.65\times 4.8\times 5500\times 50\times 0.78}=1000$$

取并联路线$a=1$，则主绕组的总匝数即为1000。

(3) 辅绕组匝数的确定。

取$W_B/W_A=0.5$，则得辅绕组匝数为500。

(4) 正弦绕组布置。

主绕组每极匝数$W_{Ap}=\frac{W_A}{2p}=\frac{1000}{4}=250$匝。

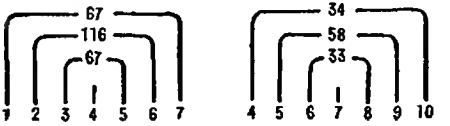
照图6—42(b)计算每槽主绕组匝数：

线圈1—7匝数$=W_{Ap}\times 26.8\%=67$

线圈2—6匝数$=W_{Ap}\times 46.6\%=116$

线圈3—5匝数 ≈ $W_{Ap} \times 26.8\% = 67$

主绕组的匝数分布如图 6—43(a) 所示。辅绕组分布情况相似，但匝数减半，两个绕组的中心应相差90°(电角度)，即相差三个槽距。



(a) 主绕组　　(b) 辅绕组

图6—43　正弦绕组匝数分布图（4极24槽）

(5) 导线尺寸的确定。

根据主绕组匝数最多的槽来计算导线尺寸。图6—42(b)中，槽1和槽7嵌有相邻两极的主绕组线圈，匝数最多，每槽导体数$Z_A = 2 \times 67 = 134$；

槽形尺寸如图6—44所示。槽楔下面积：

$$A_s = \left(\frac{8+6}{2}\right) \times (7.5 - 1.5) + \left(\frac{\pi}{2}\right)\left(\frac{8}{2}\right)^2 = 67.1 \text{毫米}^2$$

若槽绝缘及层间绝缘采用0.2厚的青壳纸聚脂薄膜复合绝缘，则槽内绝缘面积为：

$$A_i = \left(2 \times 7.5 + \frac{\pi \times 8}{2} + 2 \times 6 + 8\right) \times 0.2 = 9.5 \text{毫米}^2$$

槽有效面积

$$A = A_s - A_i = 67.1 - 9.5 = 57.6 \text{毫米}^2。$$

由公式(6—5)求出导线带绝缘外径d_0：

$$d_0 = \sqrt{\frac{0.75A}{Z_A}} = \sqrt{\frac{0.75 \times 57.6}{134}} = 0.57 \text{毫米}$$

主绕组导线取Φ0.53QZ高强度漆包铜线，其绝缘外径为Φ0.58；

辅绕组导线截面积一般为主绕组导线截面积的1/2～1/5，可取Φ0.31 QZ 高强度漆包铜线。

(6) 根据重绕计算的结果，配置绕组后，应进行试装运行，必要时须调整主辅绕组匝数。试验合格后，再将绕组进行绝缘处理。

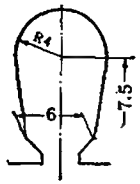


图6—44 槽形尺寸

第六节 交流串激电动机

交流串激电动机的工作原理，建立在直流串激电动机的基础上。如图6—45(a)所示，激磁绕组与电枢绕组串联接在直流电源上，根据主磁通和电枢电流的方向，利用左手定则可以决定转子是逆时针方向旋转。当电源极性反过来，由于是串激电机，主磁通及电枢电流也同时改变方向。如图6—45(b)所示，根据左手定则，在主磁通及电枢电流同时改变方向的情况下，转子转向不变，仍为逆时针方向旋转。由此我们可知，一台串激电动机加上交流电压后，虽然电源极性在

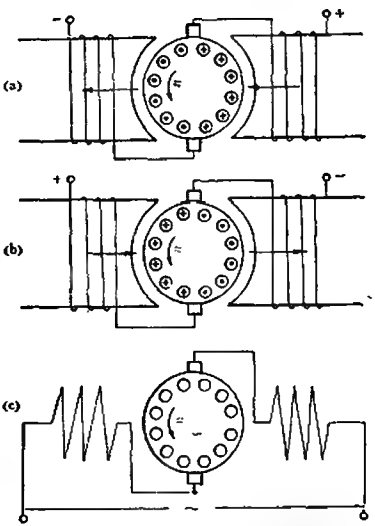


图6—45 串激电动机工作原理

反复变化，但转子始终维持一恒定转向，因此，这种电动机在交、直流电源上均可应用，又称为通用电动机。

一、主要性能

交流串激电动机可以有较高的转速。在50周波电路上，交流异步电动机的转速不能超过3000转/分，但串激电动机的转速却不受频率的限制，可高达20000转/分，一般通用电动机的转速在4000转/分到10000转/分。由于转速快，效率高，功率因数高，单位功率的体积和重量也就较小。因此通用电动机特别适宜于手提式电器，如手电钻，缝纫机等。启动转矩也较高，可达额定转矩的3—4倍。

这种电动机的主要缺点：由于有换向器及电刷，结构比较复杂，对维护检修也带来很多困难。交流串激电动机运行时，电刷火花比较大，对收音机及广播通讯设备产生干扰。这些缺点使这种电动机的应用范围受到一定限制。

二、电枢绕组

下面以手电钻为例，简要地说明电枢绕组的缠绕方法：

在修理手电钻时，电钻绕组是关键性的一环。为了保证修理质量，导线最好采用强度较高的单丝漆包线或玻璃丝漆包线。

转子铁芯槽数通常为7，8，9，10，11，12，13，14等。一般都是两极电动机。绕组是双层的，绕组节距可由下面公式决定：

$$\text{单数槽转子绕组节距} = \frac{\text{总槽数} - 1}{2} \qquad (6—7)$$

$$\text{双数槽转子绕组节距} = \frac{\text{总槽数} - 2}{2} \qquad (6-8)$$

转子绕组一般采用手绕法，缠绕型式有两种：(1)迭绕式；(2)对绕式。

(1)迭绕式：单数槽与双数槽的迭绕方法完全一样。今以槽数Q=7的转子为例。绕组节距 $= \frac{7-1}{2} = 3$(即*1～*4槽)。具体绕法如图6—46所示，首先在*1槽与*4槽之间绕第一个元件，再依次在*2与*5槽之间绕第2个元件。这样相邻的一个一个紧接着缠绕下去，直到绕完为止。

(2)对绕式：仍以Q=7的转子来说明对绕式的绕线方法。绕组节距仍为3。如图6—47所示，首先在*1与*4槽之间绕第一个元件，然后在*4与*7之间绕第二个元件，如此不间断地一个一个绕下去，直到仍回到第1槽绕组闭合为止。

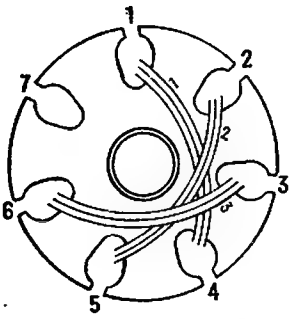


图6—46 迭绕式绕线顺序

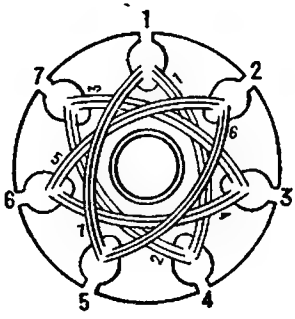


图6—47 对绕式绕线顺序

迭绕式转子缠绕时比较简单，但由于端线长度和分配不一致，转子绕组端部重量不能均匀分布，如果动平衡未校好，转子在旋转时易发生振动。由于端部重量（即端线长度）不均匀，电刷所联接的电枢中两条并联电路的电流也不可能很平衡。

对绕式转子绕组端部重量能均匀分布，两条并联电路的电流较为平衡。但缠绕工艺显得比较繁琐，特别是当转子为双数槽时，很易绕错。下面列出一般常见的几种转子铁芯在对绕时的缠绕次序。

7槽铁芯(绕组节距=3)：

1—4，4—7，7—3，3—6，6—2，2—5，5—1。

11槽铁芯(绕组节距=5)：

1—6，6—11，11—5，5—10，10—4，4—9，9—3，3—8，8—2，2—7，7—1。

12槽铁芯(绕组节距=5)：

7—12，1—6，6—11，12—5，5—10，11—4，4—9，10—3，3—8，9—2，2—7，8—1。

14槽铁芯(绕组节距=6)：

8—14，1—7，7—13，14—6，6—12，13—5，5—11，12—4，4—10，11—3，3—9，10—2，2—8，9—1。

16槽铁芯(绕组节距=7)：

9—16，1—8，8—15，16—7，7—14，15—6，6—13，14—5 5—12，13—4，4—11，12—3，3—10，11—2，2—9，10—1。

电枢绕组用手绕法的优点，可以不需另做线模，绕组端部可以绕得很紧凑。每个元件的头尾引线，应留出适当长度，以

便连接到换向器上去。一般电钻的电枢，其换向器片数为槽数的二倍或三倍，元件数必须等于换向片数，因此每槽的上层和下层都有二个或三个元件边。如每层有二个元件边，可以用两根导线并列同时绕缠。在绕制时，可把每个元件的头端引线接到相应的换向片上，而把所有的尾端空着，如图6—48(a)所示。整个绕组绕完后，再将所有尾端接到相应的换向片上去。各元件尾端的清查，可用万用表或检验灯进行测验，如图6—48(b)所示，将检验灯的一极接触换向片1，另一极接触元件尾引线，使灯发亮的引出线属于元件1的尾端，应接到换向片2上。再将检验灯的一极接触换向片2，清查元件2的尾端，接到换向片3上。如此类推，将整个电枢绕组元件都接到换向片上去，然后将引出线与换向片焊牢。

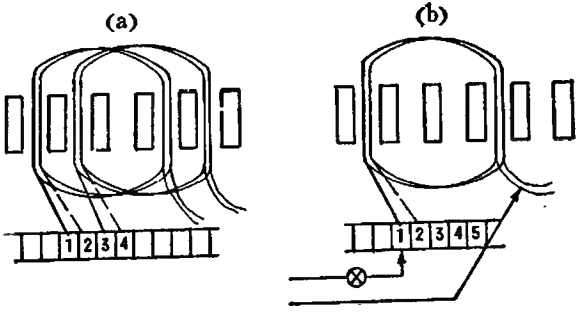
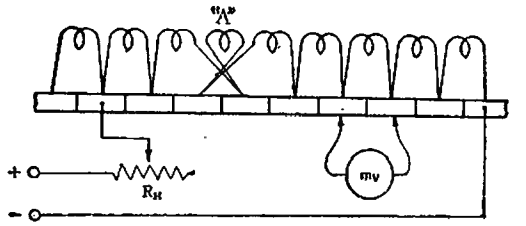


图6—48　电枢绕组接线

焊好的电枢，须经绝缘耐压试验、测量直流电阻和检查片间电压，检试合格后再进行绝缘处理。

电枢绕组中的短路、断路和接法错误，一般都可检查片间电压来分析。如图6—49所示，将低压直流电源(如干电池或蓄电池）接于相隔 180°（电气角）的换向片上。用一直流毫伏表依次测量相邻两换向片之间的电位降。如绕组情况正常，则测出的毫伏数基本上是一致的。如其中某个线圈短路，则跨接的两换向片间的电位降显著减少。如线圈接头与换向片焊接不良或开路，则该处的电位降将显著增大。如线圈的接头接错，像图中“A”所示，当毫伏表接在反接线圈的换向片上时，指针反转；当毫伏表接在反接线圈以前或以后的两换向片上，指针显示双倍读数。因此，根据毫伏表读数的变化情况，能够很快地把绕组的缺陷分析出来。



R_H变阻器　　mv毫伏表

图6—49　片间电压检查法

三、激磁绕组

手电钻一般都是两极的，因此定子有两个激磁绕组，激磁绕组在木模上绕好、包扎，再压成弧形，如图6—50所示。激磁绕组安装在定子铁芯上的情况如图6—51所示。

由于一般手电钻是两极电机，转子电枢有两条并联支路。如图6—52所示。激磁绕组与电枢串联，因此激磁绕组的导线截面必须比电枢绕组导线增大一倍（若电流密度相等）或更大一些。

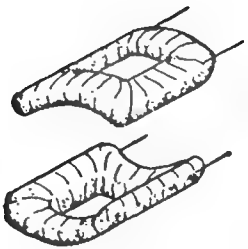


图6—50　激磁绕组

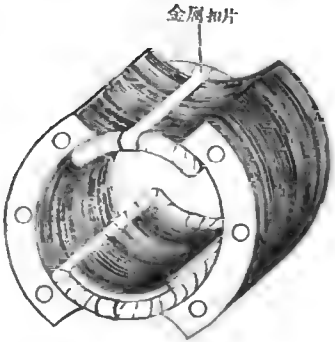


图6—51　激磁绕组安装

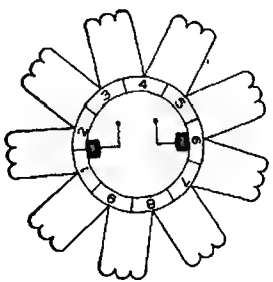


图6—52　电枢绕组两路并联

四、电钻绕组重绕计算

在修理手电钻时，最好将原有绕组数据详尽地纪录下来，按

原样修复，不要轻率地更改原设计。如果电钻没有绕组数据，或使用中效果很差，对原来绕组数据可疑时（可能电钻经过多次修理，而修理时改动了原来的数据），须进行重绕计算。下面介绍简单计算公式。

（一）电枢总导体数N的计算：

$$N = (0.57 \sim 0.65)\frac{U_1}{n\Phi} \times 10^{10} \qquad (6-9)$$

$$\Phi = B_g b l \qquad (6-10)$$

式中：bl——磁极的弧面宽度和长度（厘米）可以实测得出。

B_g——气隙磁密，一般约为3500～5000高斯（功率较大的可取较大值）。

U_1——外加单相交流电压（伏）

n——电动机转速。可根据电钻的最大钻头的线速度（一般为16公尺/分）和测出电钻上的齿轮速比来推算。

（二）电枢绕组元件匝数W_y

每两导体组成一匝，因此转子总匝数为N/2，转子元件数等于换向片数K，或者说转子电枢共有K个元件：

$$W_y = (N/2)/K = \frac{N}{2K} \qquad (6-11)$$

式中：N——总导体数

K——换向器片数

（三）电枢每槽导体数N_z

电枢上的K个元件要放在Q个槽中，每个元件有2个元件边，故每槽的元件边数为2K/Q，又每个元件边有W_y根导体，因此

每槽导体数：

$$N_z = \frac{2KW_y}{Q} \qquad (6—12)$$

(四)电枢导线截面积S_2

额定电流为I_H，电枢运行时有两条并联支路，故每条支路的电流为$I_H/2$，因此导线截面积为：

$$S_2 = \frac{I_H}{2\Delta_2} \qquad (6—13)$$

式中：I_H——额定电流，可由名牌查得，如名牌遗失，可参考同类型电钻估计。

Δ_2——电枢导线电流密度，一般Δ_2=8—10安/(毫米)^2，根据S_2及所用的绝缘导线，可查出导线直径及导线绝缘外径d_0，必要时验算槽满率。

(五) 定子每极激磁线圈匝数W_1，可以近似地选择：

$$W_1 = (0.2\sim0.3)\frac{N}{2} \qquad (6—14)$$

式中：N——电枢导体总数；

系数(0.2～0.3)如取小值时，则转速较高，取大值时，火花较小。

(六)激磁线圈导线截面S_1：一般取$S_1 = 2S_2$(平方毫米)或更粗一些的线。

例题6—2。用于单相220伏电源的串激电钻，额定电流I_H=1.8安，两极，实测得转子直径D=4.56厘米，槽数Q=12，换向器片数K=36，定子极弧宽度b=4.65厘米，磁极长度l=4.5厘米。重新计算绕组。

(1) 先算出每极磁通Φ：取B_g=4000高斯，

$$\Phi = B_g bl = 4000 \times 4.65 \times 4.5 = 83700 \text{马}$$

(2) 测算转速n：测得电钻所能夹的最大钻头直径为13毫米，按线速度16公尺/分计算，则钻头速度为400转/分，齿轮速比为1:25，推算出电动机转速n=10000转/分。

(3) 电枢总导体数：取系数为0.63，按公式(6—9)可得：

$$N = 0.63 \times \frac{U_1}{n\Phi} \times 10^{10}$$

$$= 0.63 \times \frac{200}{10000 \times 83700} \times 10^{10} = 1660$$

(4) 每个元件匝数：按(6—11)式，$W_y = \frac{N}{2K} = \frac{1660}{2 \times 36} = 23$匝

(5) 每槽导线数：按(6—12)式，$N_z = 2W_y \frac{K}{Q} = 2 \times 23 \times \frac{36}{12} = 138$根

(6) 电枢导线截面积：取Δ_2=9.5安/毫米^2，按(6—13)式可得：

$$S_2 = \frac{I_H}{2\Delta_2} = \frac{1.8}{2 \times 9.5} = 0.0947 \text{毫米}^2$$

选用Φ0.35玻璃丝漆包线。

(7) 激磁线圈每极匝数：取系数0.2，则：

$$W_B = 0.2 \frac{N}{2} = 0.2 \times \frac{1660}{2} = 166 \text{匝/每极}$$

(8) 激磁线圈导线截面积S_1

$$S_1 = 2S_2 = 2 \times 0.0947 = 0.190 \text{毫米}^2$$

选用Φ0.51QZ高强度聚脂漆包铜线。

计算的数据，不一定能得到满意的结果。电钻修好后，出现转速过低或过高现象时，可适当增减激磁线圈匝数或电枢绕组匝数来进行调整。

转速与匝数的关系为：

$$W' = W\frac{n}{n'} \qquad (6—15)$$

式中：W′—— 调整后应绕匝数；

W——原绕匝数；

n′——拟调整的转速；

n——原转速。

附录1　　异步电动机的型号、性能及应用范围

型　号	名　称	功　率（瓩）	极　数	性　能	应用范围
J型 J_2型	防护式鼠笼型转子异步电动机	0.6—125 7.5—125	2—8 2—10	能防止垂直下落的水滴、铁屑等物直接进入电机内部（J2型为改进型，其体积小、重量轻）	一般用途，用以传动在起动性能及其他性能上无特别要求的机器，如水泵、车床、铣床、钻床
JO型 JO_2型	封闭扇冷式鼠笼型异步电动机	0.6—100	2—8 2—10	能防止灰尘、铁屑等物侵入电机内部（JO2型为改进型，其体积小、重量轻）	作一般应用，但可用于灰尘过多，水、上飞溅的地方，如碾米机、磨粉机、某些矿山设备
JD_2型 JDO_2型	三相多速异步电动机	1.3—7 0.45—7	2,4,6,8	外型、机械结构及安装尺寸同J_2（或JO_2型），但转速可以逐级调节，具有双速、三速及四速	用于要求逐级变速的地方，如各式万能及专用金属切削机床、木工机床及起重传动设备
JQ型 JQ_2型	高起动转矩防护式双鼠笼型转子异步电动机	4.5—100 7.5—100	4—8 4—10	和J型相似，但具有加大的起动转矩，起动静止及惯性负荷的能力较大	用在起动静止负荷及惯性负荷较大的地方，如压缩机、柱塞式水泵、传送带等机械
JQO型 JQO_2型	高起动转矩封闭式双鼠笼转子异步电动机	4.5—100 4—100	4—8 4—10	和JO型相似，具有加大的起动转矩的特性	同JQ一样应用，但可用于灰尘过多，水、上飞溅的地方
JR型 JR_2型	防护式绕线型转子异步电动机	1.7—100 3—30	4—8	和J型相似，但具有绕线型转子，起动电流可降低	用于供电线路容量不足以鼠笼型电动机起动的传动装置上

（续）

型　号	名　称	功　率（瓩）	极　数	性　能	应用范围
JRO_2型	封闭扇冷式绕线型转子异步电动机	2.2—100	2—10	和JO_2相似，但具有绕线型转子，起动电流可降低	同JR_2一样应用，但可用于灰尘过多，水、土飞溅的地方
JZ型	鼠笼型起重用异步电动机	2.2—28	6—8	为封闭扇冷式结构，其特点是负载能力较高，最大转矩倍数及起动转矩倍数均较高，在2.5—3之间	此种电动机为断续工作方式，适用于起重机及冶金机械按断续的额定工作方式使用
JZR型	绕线型起重用异步电动机	2.2—125	2—10		
JH型	高转差率防护式鼠笼型异步电动机	4.5—100	4—8	和J型相似，但具有高的转差率	适用于冲击性负荷，如冲床和剪床等设备
JHO型 JHO_2型	高转差率封闭式鼠笼型异步电动机	0.6—100 0.6—17	2—8	和JO、JO_2型相似，但具有高的转差率	同JH，但可用于灰尘过多，水、土飞溅的地方
JS、JC型 JSQ型	鼠笼型转子中型异步电动机"Q"表示加强绝缘	45-410 140-1250	4—10 4—12	防护式，JS型为双鼠笼，JC型为深槽式，均具有改善的起动特性	JS、JC型在正常工作条件下使用，JSQ型适用于作经常满压起动的重工作
JR型 JRQ型	绕线型转子中型异步电动机	45-410 140-1250	4—10 4—12	防护式，绕线型转子起动电流可降低	JR型在正常工作条件下使用，JRQ型适用于经常正反转及制动的工作
JCB型 JWYB型	油泵电动机	0.125	2	封闭式自然冷却	供作一般机床油循环动力
JW型 J型 JO型	微型三相异步电动机	0.008—0.6	2—6	为分瓩电动机，除J型为防护式外，其余各型均为封闭式，JW型亦可制成铝壳	可作小型机床的主动力或其他机床辅助设备的驱动

附录 2　　J、JO系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J31—2	1.0	380	2.3	2850	0.86	78.5	6.0	1.6	2.2	18
J32—2	1.7	380	3.64	2850	0.87	81.5	6.0	1.8	2.4	25
J41—2	2.8	380	5.8	2870	0.88	83.5	6.0	1.4	2.2	35
J42—2	4.5	380	9.15	2870	0.88	85	7.0	1.6	2.4	44
J51—2	7.0	380	13.8	2890	0.90	86	7.0	1.2	2.2	80
J52—2	10	380	19.4	2890	0.90	87	7.0	1.3	2.4	99
J61—2	14	380	27.5	2910	0.91	87.5	5.5	1.2	2.5	130
J62—2	20	380	38	2910	0.91	88.3	6.0	1.3	2.7	145
J71—2	28	380	53	2920	0.91	89.0	5.0	0.95	2.1	210
J72—2	40	380	74.5	2920	0.91	89.6	5.5	1.1	2.3	235
J81—2	55	380	102	2930	0.91	90.1	5.0	0.95	2.4	370
J82—2	75	380	138	2930	0.91	90.6	5.5	1.1	2.6	415
J91—2	100	380	182	2950	0.91	91.5	6.0	0.95	2.8	605
J92—2	125	380	224	2950	0.92	92	6.5	1.15	3.0	685
J31—4	0.6	380	1.6	1420	0.76	74	5.5	1.7	2.0	18
J32—4	1.0	380	2.45	1420	0.79	78.5	5.5	1.8	2.0	25
J41—4	1.7	380	3.9	1430	0.82	81.5	6.0	1.8	2.0	35

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J42—4	2.8	380	6.1	1430	0.84	83.5	6.0	1.9	2.0	44
J51—4	4.5	380	9.5	1440	0.85	85	6.5	1.4	2.0	80
J52—4	7.0	380	14.5	1440	0.86	86	6.5	1.5	2.0	99
J61—4	10	380	19.9	1450	0.88	86.8	5.5	1.3	2.0	125
J62—4	14	380	27.6	1450	0.88	87.6	6.0	1.5	2.0	140
J71—4	20	380	39	1450	0.88	88.5	5.5	1.2	2.0	205
J72—4	28	380	54	1450	0.88	89.5	6.0	1.4	2.0	230
J81—4	40	380	77	1460	0.89	89.5	5.5	1.1	2.0	360
J82—4	55	380	104.4	1460	0.89	90.2	6.5	1.3	2.0	400
J91—4	75	380	142	1460	0.89	90.6	5.5	1.1	2.0	590
J92—4	100	380	185	1460	0.9	91	5.5	1.1	2.0	665
J41—6	1.0	380	2.84	940	0.72	76.7	5.0	1.3	1.8	35
J42—6	1.7	380	4.43	940	0.75	79.6	5.5	1.4	1.8	44
J51—6	2.8	380	6.7	960	0.78	82	5.0	1.3	1.8	80
J52—6	4.5	380	10.2	960	0.8	84	5.5	1.4	1.8	99
J61—6	7.0	380	15.5	960	0.81	85.5	4.5	1.1	1.9	125
J62—6	10	380	21.5	960	0.82	86.5	4.5	1.1	1.9	140

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J71—6	14	380	28.5	970	0.85	87	5.0	1.2	1.9	205
J72—6	20	380	40.5	970	0.86	88	5.0	1.2	1.9	230
J81—6	28	380	55.5	975	0.87	88.5	5.0	1.3	1.9	360
J82—6	40	380	78	975	0.88	89.5	5.5	1.4	1.9	400
J91—6	55	380	105	980	0.88	90.5	5.0	1.0	1.9	590
J92—6	75	380	140	980	0.89	91.5	5.0	1.1	1.9	665
J61—8	4.5	380	10.6	730	0.77	83.5	4.5	1.2	1.8	125
J62—8	7.0	380	16.3	730	0.78	85	5.0	1.4	1.8	140
J71—8	10	380	22.3	730	0.8	85.5	4.0	1.0	1.8	205
J72—8	14	380	30	730	0.81	87	4.0	1.0	1.8	230
J81—8	20	380	42.5	730	0.82	88	4.5	1.2	1.8	360
J82—8	28	380	58.5	730	0.83	88.5	4.5	1.2	1.8	400
J91—8	40	380	81.5	730	0.84	90	4.5	1.0	1.8	590
J92—8	55	380	110	730	0.85	90.5	4.5	1.0	1.8	665
JO31—2	0.6	380	1.42	2880	0.85	76	7.0	1.8	2.4	20
JO32—2	1.0	380	2.24	2880	0.86	79	7.5	2.0	2.6	27
JO41—2	1.7	380	3.66	2890	0.87	81.5	7.5	1.7	2.4	39

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO42—2	2.8	380	5.8	2890	0.89	83.5	7.0	1.7	2.5	48
JO51—2	4.5	380	9.1	2900	0.89	85	7.5	1.3	2.4	85
JO52—2	7.0	380	13.8	2900	0.90	86	7.0	1.3	2.5	106
JO62—2	10	380	19.5	2920	0.91	86.8	6.0	1.2	2.7	170
JO63—2	14	380	27	2930	0.91	87.5	7.0	1.4	2.9	190
JO72—2	20	380	38	2940	0.92	88.3	6.0	1.1	2.6	280
JO73—2	28	380	52	2940	0.92	89	6.5	1.4	2.8	310
JO82—2	40	380	74	2950	0.93	89.6	6.5	1.2	2.9	500
JO83—2	55	380	100	2950	0.93	90.1	6.5	1.2	2.9	560
JO93—2	75	380	136	2960	0.93	90.6	6.5	1.0	3.0	820
JO94—2	100	380	179	2960	0.93	91.5	6.5	1.1	3.0	904
JO31—4	0.6	380	1.6	1420	0.76	74	5.5	1.7	2.0	20
JO32—4	1.0	380	2.45	1420	0.79	78.5	5.5	1.8	2.0	27
JO41—4	1.7	380	3.9	1430	0.82	81.5	6.0	1.8	2.0	39
JO42—4	2.8	380	6.1	1430	0.84	83.5	6.0	1.9	2.0	48
JO51—4	4.5	380	9.5	1440	0.85	85	6.5	1.4	2.0	85
JO52—4	7.0	380	14.5	1440	0.86	86	6.5	1.5	2.0	106

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO62—4	10	380	20	1460	0.88	86.8	6.5	1.5	2.3	165
JO63—4	14	380	27.4	1460	0.89	87.6	6.5	1.6	2.3	180
JO72—4	20	380	38.7	1460	0.89	88.5	7.0	1.5	2.3	280
JO73—4	28	380	53	1460	0.9	89.5	7.0	1.5	2.3	310
JO82—4	40	380	75	1470	0.9	90	6.5	1.2	2.3	495
JO83—4	55	380	103	1470	0.9	90.5	6.5	1.3	2.3	555
JO93—4	75	380	137	1470	0.92	91	6.5	1.2	2.3	805
JO94—4	100	380	180	1470	0.92	91.5	6.5	1.3	2.3	890
JO41—6	1.0	380	2.84	940	0.72	76.7	5.0	1.3	1.8	39
JO42—6	1.7	380	4.43	940	0.75	79.6	5.5	1.4	1.8	48
JO51—6	2.8	380	6.7	960	0.78	82	5.0	1.3	1.8	85
JO52—6	4.5	380	10.2	960	0.8	84	5.5	1.4	1.8	106
JO62—6	7.0	380	15.5	970	0.81	86	5.0	1.3	2.3	165
JO63—6	10	380	21.5	970	0.82	87	5.0	1.4	2.3	180
JO72—6	14	380	28.3	980	0.85	87.5	6.0	1.5	2.3	280
JO73—6	20	380	40	980	0.86	88.5	6.5	1.5	2.3	310
JO82—6	28	380	54.5	980	0.88	89	6.0	1.5	2.3	495

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO83—6	40	380	76	980	0.89	90	6.0	1.6	2.3	555
JO93—6	55	380	109	980	0.89	91	6.0	1.2	2.3	805
JO94—6	75	380	138	980	0.90	91.5	6.5	1.3	2.3	890
JO62—8	4.5	380	10.5	730	0.76	84.5	5.0	1.4	2.1	165
JO63—8	7	380	16	730	0.78	85.5	5.0	1.4	2.1	180
JO72—8	10	380	22	730	0.80	86.5	4.5	1.2	2.1	280
JO73—8	14	380	30	730	0.81	87.5	4.5	1.2	2.1	310
JO82—8	20	380	42.5	735	0.82	88.5	5.0	1.4	2.1	495
JO83—8	28	380	57.5	735	0.83	89	4.5	1.2	2.1	555
JO93—8	40	380	80	735	0.84	90.5	5.0	1.1	2.1	805
JO94—8	55	380	108	735	0.85	91	5.5	1.3	2.1	890

附录 3　J_2、JO_2系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J_2-61-2	17	380	32.5	2910	0.90	88.5	7	1.2	2.2	131
J_2-62-2	22	380	41.7	2920	0.90	89.0	7	1.2	2.2	142
J_2-71-2	30	380	56.2	2940	0.91	89.5	7	1.1	2.2	197
J_2-72-2	40	380	73.9	2940	0.91	90.5	6.5	1.1	2.2	220
J_2-81-2	55	380	99.8	2950	0.92	91.0	6.5	1.0	2.2	300
J_2-82-2	75	380	135.4	2960	0.92	91.5	6.5	1.0	2.2	340
J_2-91-2	100	380	179.5	2960	0.92	92.0	6.5	1.0	2.2	—
J_2-92-2	125	380	223	2960	0.92	92.5	6.5	1.0	2.2	—
J_2-61-4	13	380	25.5	1460	0.88	88	7.0	1.2	2.0	131
J_2-62-4	17	380	33	1460	0.88	89	7.0	1.2	2.0	145
J_2-71-4	22	380	42.5	1460	0.88	89.5	7.0	1.1	2.0	200
J_2-72-4	30	380	57.5	1460	0.88	90.0	7.0	1.1	2.0	225
J_2-81-4	40	380	75.1	1470	0.89	91	6.5	1.1	2.0	310
J_2-82-4	55	380	102.5	1470	0.89	91.5	6.5	1.1	2.0	350
J_2-91-4	75	380	137.5	1470	0.90	92	6.5	1.0	2.0	467
J_2-92-4	100	380	182.5	1470	0.90	92.5	6.5	1.0	2.0	515
J_2-61-6	10	380	21.4	960	0.82	86.5	6.5	1.2	1.8	129

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J_2-62-6	13	380	27.4	960	0.83	87.0	6.5	1.2	1.8	142
J_2-71-6	17	380	35	970	0.84	88	6.5	1.2	1.8	190
J_2-72-6	22	380	44.4	970	0.85	88.5	6.5	1.2	1.8	212
J_2-81-6	30	380	59.3	980	0.86	89.5	6.5	1.2	1.8	305
J_2-82-6	40	380	77.2	980	0.87	90.5	6.5	1.2	1.8	348
J_2-91-6	55	380	103.8	980	0.88	91.5	6.5	1.0	1.8	492
J_2-92-6	75	380	139.0	980	0.89	92	6.5	1.0	1.8	590
J_2-61-8	7.5	380	17.1	720	0.78	85.5	5.5	1.1	1.8	128
J_2-62-8	10	380	22.1	720	0.80	86	5.5	1.1	1.8	142
J_2-71-8	13	380	28	720	0.81	87	5.5	1.1	1.8	192
J_2-72-8	17	380	36	720	0.82	87.5	5.5	1.1	1.8	212
J_2-81-8	22	380	46.1	740	0.82	88.5	5.5	1.1	1.8	305
J_2-82-8	30	380	61.7	740	0.83	89.0	5.5	1.1	1.8	348
J_2-91-8	40	380	80.5	740	0.84	90.0	5.5	1.1	1.8	490
J_2-92-8	55	380	109.0	740	0.84	91.0	5.5	1.1	1.8	592
J_2-81-10	17	380	39.1	580	0.76	87.0	5.5	1.1	1.8	304
J_2-82-10	22	380	49.4	580	0.77	88.0	5.5	1.1	1.8	348

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
J_2-81-10	30	380	66	580	0.78	88.5	5.5	1.0	1.8	495
J_2-82-10	40	380	87	580	0.78	89.5	5.5	1.0	1.8	592
J_2O-11-2	0.8	380	1.84	2810	0.85	77.5	7	1.8	2.2	17
JO_2-12-2	1.1	380	2.44	2810	0.86	79.5	7	1.8	2.2	19
JO_2-21-2	1.5	380	3.22	2860	0.87	81.0	7	1.8	2.2	26
JO_2-22-2	2.2	380	4.64	2860	0.87	82.5	7	1.8	2.2	30
JO_2-31-2	3	380	6.13	2860	0.88	84	7	1.8	2.2	40
JO_2-32-2	4	380	8.05	2860	0.88	85	7	1.8	2.2	43
JO_2-41-2	5.5	380	10.9	2920	0.88	86.5	7	1.6	2.2	60
JO_2-42-2	7.5	380	14.8	2920	0.88	87.5	7	1.6	2.2	72
JO_2-51-2	10	380	19.7	2930	0.88	87.5	7	1.4	2.2	110
JO_2-52-2	13	380	25.5	2930	0.88	88	7	1.4	2.2	112
JO_2-61-2	17	380	32.4	2940	0.90	88.5	7	1.3	2.2	149
JO_2-71-2	22	380	42	2940	0.90	88.5	7	1.2	2.2	228
JO_2-72-2	30	380	56	2940	0.91	89.5	7	1.2	2.2	259
JO_2-82-2	40	380	74.2	2950	0.91	90	6.5	1.2	2.2	420
JO_2-91-2	55	380	100.3	2960	0.92	90	6.5	1.2	2.2	—

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO_2-92-2	75	380	136	2960	0.92	91	6.5	1.1	2.2	—
JO_2-93-2	100	380	180	2960	0.92	91.5	6.5	1.1	2.2	650
JO_2-11-4	0.6	380	1.62	1380	0.76	74	7	1.8	2.2	17
JO_2-12-4	0.8	380	2.06	1380	0.77	76.5	7	1.8	2.2	19
JO_2-21-4	1.1	380	2.67	1410	0.79	79	7	1.8	2.2	26
JO_2-22-4	1.5	380	3.48	1410	0.81	80.5	7	1.8	2.2	30
JO_2-31-4	2.2	380	4.89	1430	0.83	82.0	7	1.8	2.0	40
JO_2-32-4	3	380	6.47	1430	0.84	83.5	7	1.8	2.0	46
JO_2-41-4	4	380	8.37	1440	0.85	85	7	1.8	2.0	59
JO_2-42-4	5.5	380	11.25	144	0.86	86.0	7	1.8	2.0	69
JO_2-51-4	7.5	380	14.9	1450	0.87	87.0	7	1.4	2.0	97
JO_2-52-4	10	380	19.9	1450	0.87	87.5	7	1.4	2.0	112
JO_2-61-4	13	380	25.6	1460	0.88	88	7	1.3	2.0	164
JO_2-62-4	17	380	32.9	1460	0.88	89.0	7	1.3	2.0	178
JO_2-71-4	22	380	42.5	1470	0.88	89.5	7	1.2	2.0	235
JO_2-72-4	30	380	57.6	1470	0.88	90.0	7	1.2	2.0	272
JO_2-82-4	40	380	75.1	1470	0.89	91	6.5	1.2	2.0	425

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO_2-91-4	55	380	102.5	1470	0.89	91.5	6.5	1.2	2.0	—
JO_2-92-4	75	380	137.5	1470	0.90	92	6.5	1.1	2.0	—
JO_2-93-4	100	380	183.5	1470	0.90	92.0	6.5	1.1	2.0	670
JO_2-21-6	0.8	380	2.31	930	0.70	75.0	6.5	1.8	1.8	27
JO_2-22-6	1.1	380	3.00	930	0.72	77.0	6.5	1.8	1.8	31
JO_2-31-6	1.5	380	3.9	940	0.74	78.5	6.5	1.8	1.8	40
JO_2-32-6	2.2	380	5.44	940	0.76	80.5	6.5	1.8	1.8	47
JO_2-41-6	3	380	7.06	950	0.78	82.5	6.5	1.8	1.8	61
JO_2-42-6	4	380	9.1	950	0.79	84.0	6.5	1.8	1.8	72
JO_2-51-6	5.5	380	12.25	960	0.80	85.0	6.5	1.4	1.8	93
JO_2-52-6	7.5	380	16.3	960	0.81	86.0	6.5	1.4	1.8	110
JO_2-61-6	10	380	21.3	970	0.82	87	6.5	1.4	1.8	138
JO_2-62-6	13	380	27.2	970	0.83	87.5	6.5	1.4	1.8	169
JO_2-71-6	17	380	34.8	970	0.84	88.5	6.5	1.4	1.8	265
JO_2-72-6	22	380	44.3	970	0.85	89.0	6.5	1.4	1.8	280
JO_2-81-6	30	380	59.3	980	0.86	89.5	6.5	1.4	1.8	370
JO_2-82-6	40	380	79.2	980	0.87	90.5	6.5	1.4	1.8	426

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	转速（转/分）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	总重（公斤）
JO_2-91-6	55	380	102	975	0.88	91.5	6.5	1.2	1.8	594
JO_2-92-6	75	380	136	975	0.89	92.0	6.5	1.2	1.8	700
JO_2-41-8	2.2	380	6.08	710	0.68	80.5	5.5	1.5	1.8	62
JO_2-42-8	3	380	7.64	720	0.72	82.5	5.5	1.5	1.8	75
JO_2-51-8	4	380	9.6	720	0.75	84.0	5.5	1.5	1.8	91
JO_2-52-8	5.5	380	12.7	720	0.77	85.0	5.5	1.5	1.8	105
JO_2-61-8	7.5	380	17	720	0.78	86.0	5.5	1.3	1.8	138
JO_2-62-8	10	380	21.8	720	0.80	87.0	5.5	1.3	1.8	165
JO_2-71-8	13	380	27.9	720	0.81	87.5	5.5	1.3	1.8	265
JO_2-72-8	17	380	35.8	720	0.82	88.0	5.5	1.3	1.8	280
JO_2-81-8	22	380	45	730	0.82	88.5	5.5	1.3	1.8	395
JO_2-82-8	30	380	60.5	730	0.83	89.0	5.5	1.3	1.8	425
JO_2-91-8	40	380	80	730	0.84	90.0	5.5	1.3	1.8	592
JO_2-92-8	55	380	108	730	0.84	91	5.5	1.3	1.8	700
JO_2-81-10	17	380	37.6	580	0.76	87.5	5.5	1.2	1.8	372
JO_2-82-10	22	380	48.5	580	0.77	88	5.5	1.2	1.8	425
JO_2-91-10	30	380	65	580	0.78	88.5	5.5	1.2	1.8	592
JO_2-92-10	40	380	86	580	0.78	89.5	5.5	1.2	1.8	680

附录 4　JR_2、JRO_2系列绕线转子三相异步电动机的技术数据

型号	功率(瓩)	定子额定		转子额定		转速(转/分)	过载能力倍数
		电压(伏)	电流(安)	电压(伏)	电流(安)		
JR_2—51—4	5.5	380	12.4	121	16.4	1430	2.0
JR_2—52—4	7.5	380	16.5	146	18.4	1440	2.0
JR_2—62—4	10	380	21.3	146	24.5	1440	2.0
JR_2—63—4	13	380	27.4	151	30.5	1450	2.0
JR_2—71—4	22	380	43	443	29.6	1450	2.0
JR_2—72—4	30	380	58	480	36.2	1460	2.0
JR_2—51—6	4	380	10.4	151	9.5	940	1.8
JR_2—52—6	5.5	380	13.7	147	13.5	940	1.8
JR_2—62—6	7.5	380	18	147	18.4	950	1.8
JR_2—63—6	10	380	23.2	155	22.8	960	1.8
JR_2—71—6	17	380	35	330	30	960	1.8
JR_2—72—6	22	380	45	420	30	965	1.8
JR_2—51—8	3	380	8.65	152	7.3	700	1.8
JR_2—52—8	4	380	11.1	152	9.6	700	1.8
JR_2—62—8	5.5	380	14.7	139	14.1	700	1.8
JR_2—63—8	7.5	380	19.3	152	17.9	700	1.8
JRO_2—40—4	3	380	7.04	150	14	1390	2.6

（续）

型号	功率（瓩）	定子额定		转子额定		转速（转/分）	过载能力倍数
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）		
JRO_2—41—4	4	380	9.09	185	15	1410	2.6
JRO_2—42—4	5.5	380	12.2	220	17	1425	2.6
JRO_2—51—4	7.5	380	16.2	255	19.5	1435	2.6
JRO_2—52—4	10	380	21.5	270	24.5	1445	2.6
JRO_2—61—4	13	380	27.5	285	30	1455	2.6
JRO_2—62—4	17	380	35.3	300	37	1460	2.6
JRO_2—71—4	22	380	43.9	330	43	1460	2.6
JRO_2—72—4	30	380	59.1	385	50	1465	2.6
JRO_2—82—4	40	380	77.1	420	62	1470	2.6
JRO_2—91—4	55	380	105	440	80	1475	2.6
JRO_2—92—4	75	380	140	460	102	1475	2.6
JRO_2—93—4	100	380	186	480	130	1480	2.6
JRO_2—40—6	2.2	380	5.8	120	13	935	2.5
JRO_2—41—6	3	380	7.55	150	14	940	2.5
JRO_2—42—6	4	380	9.88	185	15	945	2.5
JRO_2—51—6	5.5	380	13.2	220	17	950	2.5
JRO_2—52—6	7.5	380	17.6	255	19.5	955	2.5

（续）

型号	功率（瓩）	定子额定		转子额定		转速（转/分）	过载能力倍数
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）		
JRO_2—61—6	10	380	22.7	270	24.5	960	2.5
JRO_2—62—6	13	380	28.7	285	30	965	2.5
JRO_2—71—6	17	380	35.7	300	37	965	2.5
JRO_2—72—6	22	380	45.7	330	43	970	2.5
JRO_2—81—6	30	380	60.9	385	50	970	2.5
JRO_2—82—6	40	380	79.8	420	62	980	2.5
JRO_2—91—6	55	380	108	440	80	980	2.5
JRO_2—92—6	75	380	144	460	102	980	2.5
JRO_2—51—8	4	380	10.5	185	15	700	2.4
JRO_2—52—8	5.5	380	13.8	220	17	710	2.4
JRO_2—61—8	7.5	380	18.4	255	19.5	715	2.4
JRO_2—62—8	10	380	23.6	270	24.5	715	2.4
JRO_2—71—8	13	380	29.8	285	30	720	2.4
JRO_2—72—8	17	380	38	300	37	725	2.4
JRO_2—81—8	22	380	48.3	330	43	730	2.4
JRO_2—82—8	30	380	64.3	385	50	730	2.4
JRO_2—91—8	40	380	84.3	420	62	730	2.4
JRO_2—92—8	55	380	113	440	80	730	2.4
JRO_2—81—10	17	380	39.8	300	37	575	2.2
JRO_2—82—10	22	380	51.2	330	43	580	2.2
JRO_2—91—10	30	380	68.5	385	50	580	2.2
JRO_2—92—10	40	380	89.5	420	62	585	2.2

附录5　JS系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率(瓩)	电压(伏)	电流(安)	功率因数 cosφ	效率(%)	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流(安)	满载滑率(S_H%)
				(标准)	(标准)					
114—4	115	380	212	0.88	91.0	5.33	1.24	1.95	49	1.48
115—4	135	380	249	0.88	91.5	5.5	1.31	2	59	1.46
116—4	155	380	385	0.89	92.0	6.3	1.59	2.22	74	1.27
117—4	180	380	329	0.89	92.5	5.8	1.5	2	72.5	1.44
114—4	90	3000	22	0.85	89.5	5.7	1.38	2.17	7.1	1.34
115—4	110	3000	27	0.86	90.0	5.5	1.38	2.05	7.8	1.46
116—4	125	3000	30	0.86	90.5	5.7	1.51	2.1	8.7	1.43
117—4	150	3000	36	0.86	91.0	5.92	1.63	2.12	10.0	1.4
115—6	75	380	140	0.88	90.5	4.87	1.14	2.14	36	2.57
116—6	95	380	176	0.88	91.0	5.07	1.23	2.1	44	2.56
117—6	115	380	212	0.88	91.0	6.0	1.53	2.53	62	2.20
116—6	75	3000	19.2	0.86	89.0	5.9	1.83	2.6	7.9	1.73
117—6	95	3000	24	0.86	89.5	5.55	1.78	2.33	8.8	1.95
115—8	60	380	120	0.83	89.0	4.96	1.35	2.28	46.1	2.52
116—8	70	380	139	0.84	90.0	4.81	1.36	2.2	49.1	2.71
117—8	80	380	159	0.84	90.5	4.85	1.38	2.24	57	2.76
115—10	45	380	97	0.78	88.0	4.35	1.58	2.2	46.5	2.23

，（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 (S_H%)
				（标准）	（标准）					
116—10	55	380	121	0.78	88.5	4.42	1.71	2.19	55.6	2.15
117—10	65	380	139	0.79	89.0	4.0	1.46	2.02	59	2.34
115—10	*45	380	96	0.78	88.0	5.1	1.38	2.6	48	2.15
116—10	55	380	117	0.78	88.5	5.1	1.4	2.6	55	2.22
117—10	65	380	136	0.79	89.0	5.23	1.51	2.65	64	2.26
126—4	225	380	398	0.90	93.0	6.05	1.31	2.3	79	1.65
127—4	260	380	459	0.90	93.0	6.37	1.45	2.38	90	1.6
128—4	300	380	527	0.91	93.5	6.74	1.55	2.48	61.5	1.5
126—4	190	3000	44	0.87	91.5	5.33	1.17	2.16	10	1.82
127—4	230	3000	52.5	0.87	92.0	6.46	1.55	2.57	14.1	1.5
125—6	130	380	238	0.89	91.5	5.91	1.44	2.23	58.1	1.77
126—6	155	380	283	0.89	91.5	5.89	1.45	2.2	67.2	1.77
127—6	185	380	337	0.89	92.0	6.12	1.55	2.24	80.9	1.73
128—6	215	380	390	0.89	92.0	6.05	1.64	2.16	86.3	1.86
125—6	110	3000	27.0	0.86	90.0	5.15	1.31	2.14	8.0	2.0
126—6	135	3000	33.0	0.86	90.5	5.64	1.51	2.29	10.7	1.86
127—6	165	3000	40.5	0.86	91.0	5.6	1.53	2.24	12.4	1.91

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 $(S_H\%)$
128—6	190	3000	46	(标准) 0.86	(标准) 91.0	5.45	1.56	2.14	13.3	2.03
125—8	95	380	184	0.85	91.0	4.57	1.2	1.81	52	2.05
126—8	110	380	212	0.85	91.0	4.57	1.27	1.8	58	2.3
127—8	130	380	250	0.85	92.0	4.72	1.28	1.83	68	2.225
128—8	155	380	296	0.85	92.0	5.18	1.5	1.97	88.5	2.08
125—8	85	3000	22.3	0.82	89.0	4.2	1.23	1.8	7.84	2.48
126—8	95	3000	24.8	0.82	89.0	4.23	1.29	1.8	8.4	2.54
127—8	110	3000	28.5	0.82	89.5	4.3	1.32	1.82	9.7	2.5
128—8	125	3000	32	0.83	90.0	4.38	1.35	1.85	11	2.48
125—10	80	380	163	0.82	90.5	4.8	1.26	2.16	64.5	1.92
126—10	95	380	193	0.82	90.5	4.45	1.18	2.0	68.3	2.15
127—10	115	380	232	0.82	91.0	4.74	1.29	2.12	87.8	1.98
128—10	130	380	259	0.82	91.0	4.6	1.23	2.0	92.6	2.07
127—10	90	3000	25	0.80	88.5					
128—10	100	3000	27	0.81	89.0					
136—4	300	3000	68.5	0.88	92	6.08	1.28	2.38	16.7	1.32
137—4	350	3000	80.5	0.88	92.5	5.18	1.1	2.04	16.7	1.59

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 (S_H%)
				（标准）	（标准）					
138—4	410	3000	94.0	0.89	93	5.43	1.2	2.11	18.9	1.55
136—4	220	6000	25.5	0.88	91	6.63	1.33	2.74	7.3	1.11
137—4	260	6000	30.5	0.88	91	5.63	1.13	2.32	7.3	1.33
138—4	300	6000	34.5	0.89	91.5	5.98	1.26	2.38	7.77	1.3
136—6	240	380	426	0.90	92.5	6.0	1.28	2.33	90	1.54
137—6	280	380	497	0.90	93	6.7	1.22	2.57	115	1.23
136—6	220	3000	51.5	0.88	91	5.3	1.19	2.2	12.5	1.76
137—6	250	3000	58	0.89	91.5	5.2	1.2	2.16	13.5	1.76
138—6	280	3000	64	0.89	92	5.4	1.26	2.21	14.3	1.74
136—8	180	380	336	0.85	92	5.5	1.21	2.27	103	1.58
137—8	210	380	390	0.86	92	5.35	1.22	2.15	108	1.7
138—8	245	380	454	0.87	92.5	5.13	1.18	2.06	116	1.78
136—8	145	3000	36.0	0.83	90.5	5.0	1.14	2.22	12.9	1.73
137—8	170	3000	42	0.84	90.5	5.12	1.24	2.2	14.4	1.75
138—8	200	3000	49	0.85	91	5.27	1.3	2.25	16.3	1.73
137—10	155	380	294	0.86	92	5.4	1.32	2.34	97	1.81
138—10	180	380	339	0.86	92.5	5.04	1.24	2.14	98.5	1.99
136—10	125	3000	32	0.81	89.5	4.88	1.31	2.18	12.5	2.1
137—10	145	3000	37	0.82	90	4.32	1.11	2.0	14.1	2.14
138—10	165	3000	42.5	0.82	90.5	4.96	1.36	2.3	16.6	2.02

附录6　JSQ系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 (S_H%)
				（标准）	（标准）					
146—4	430	3000	100	0.88	93.0	5.1	1.03	1.97	22.8	1.35
147—4	500	3000	116	0.88	93.0	5.5	1.19	2.06	26	1.26
148—4	570	3000	130	0.88	93.0	6.2	1.37	2.25	30.3	1.11
1410—4	680	3000	154	0.88	93.5	6.35	1.46	2.21	33.7	1.1
147—4	360	6000	42	0.87	91.5	6.3	1.24	2.43	11.4	0.99
148—4	440	6000	51	0.88	92.5	6.37	1.3	2.4	13.1	1.0
1410—4	500	6000	57	0.88	92.5	6.43	1.38	2.3	13	1.0
147—6	380	3000	89	0.86	92.0	5.63	1.2	2.34	25.3	1.38
148—6	430	3000	101	0.87	92.5	6.13	1.34	2.54	30.2	1.25
1410—6	520	3000	121	0.87	93.0	6.4	1.46	2.56	35.2	1.22
148—6	310	6000	36.5	0.86	91.5	6.0	1.25	2.45	10.5	1.25
1410—6	380	6000	44	0.87	92.0	5.68	1.22	2.3	11.2	1.32
147—8	260	3000	65	0.81	91.5	5.12	1.24	2.06	24.0	1.44
148—8	310	3000	77	0.82	92.0	4.93	1.22	2.1	26.8	1.52
1410—8	370	3000	90.5	0.83	92.5	5.03	1.28	2.12	30.4	1.5
147—8	200	6000	26	0.80	90.0	4.9	1.30	2.06	9.9	1.19
148—8	240	6000	31	0.80	90.5	4.7	1.26	2.0	11.5	1.21

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 (S_H%)
				（标准）	（标准）					
1410—8	280	6000	36	0.80	91.0	5.48	1.26	2.4	15.0	1.12
147—10	200	3000	50.5	0.81	90.5	5.4	1.34	2.29	19.6	1.33
148—10	230	3000	58	0.82	90.5	5.14	1.26	2.25	21.2	1.40
1410—10	280	3000	71	0.82	91.0	5.0	2.16	1.96	24.4	1.5
1410—10	200	6000	27	0.79	89.0	5.4	1.98	2.74	12.9	1.04
147—12	140	3000	38.5	0.74	89.0	4.55	1.17	2.18	17.0	1.38
148—12	165	3000	44.5	0.76	89.5	4.97	1.36	2.28	20.5	1.37
1410—12	210	3000	57.5	0.77	90.0	4.04	1.63	2.0	25.4	1.5
158—4	850	3000	196	0.88	93.5	4.2	0.8	1.6		1.33
1510—4	1100	3000	290	0.88	94	5.0	0.9	2.0		1.33
1512—4	1250	3000	286	0.89	94.5	4.3	0.9	1.7		1.33
158—4	680	6000	79	0.88	93.5	5.95	1.11	2.69	21.5	0.85
1510—4	850	6000	97	0.89	93.5	5.8	1.23	2.27	24	0.93
1512—4	1050	6000	120	0.89	94	5.3	1.2	2.07	25.4	1.0
157—6	600	3000	141	0.87	93	4.6	0.9	2.0		2.0
158—6	680	3000	159	0.87	93	5.4	1.23	2.18	45	1.35
1510—6	850	3000	200	0.87	93	5.5	1.1	2.2		1.5
1512—6	1000	3000	229	0.88	94	5.6	1.2	2.4		1.5
157—6	460	6000	54.5	0.87	92.5	5.6	1.18	2.4	16.9	1.21
158—6	550	6000	64	0.87	93	5.5	1.25	2.18	16.7	1.3
1510—6	650	6000	76	0.87	93	6.0	1.3	2.5		1.5
1512—6	780	6000	88	0.88	93.5	6.9	1.4	2.9		1.0

（续）

型　号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	功率因数 cosφ	效率（%）	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数	空载电流（安）	满载滑率 $(S_{H}\%)$
				（标准）	（标准）					
157—8	440	3000	109	0.83	92.5	4.1	1.0	1.8		2.0
158—8	500	3000	123	0.84	92.5	4.1	1.0	1.8		2.0
1510—8	625	3000	152	0.84	93	4.1	1.0	1.8		2.0
1512—8	700	3000	169	0.85	93.0	4.1	1.0	1.8		2.0
157—8	320	6000	40	0.83	91	5.15	1.45	2.02	14.5	1.46
158—8	380	6000	47.5	0.84	91.5	4.75	1.29	2.05	17	1.43
1510—8	475	6000	57.5	0.84	92	4.5	1.20	1.92	17.6	1.56
1512—8	570	6000	69	0.85	92.5	4.65	1.28	1.97	20.7	1.49
158—10	350	3000	89	0.82	91.5	4.3	1.2	2.0		1.58
1510—10	430	3000	106	0.83	91.5	4.2	1.1	1.8		2.5
1512—10	520	3000	130	0.84	91.5	4.50	1.38	1.90		1.90
157—10	260	6000	34	0.80	90.0	4.25	1.17	1.96	1.29	1.78
158—10	310	6000	40	0.81	90.5	4.20	1.16	1.96	1.48	1.83
1510—10	400	6000	50.3	0.82	91.0	5.22	1.08	2.05		1.60
1512—10	480	6000	61	0.82	91.5	5.00	1.54	2.21	24.2	1.55
158—12	260	3000	71	0.78	90.5	3.6	1.1	1.8		3.0
1510—12	320	3000	85	0.79	91.0	3.86	1.25	1.84		1.79
1512—12	390	3000	105	0.80	91.5	3.8	1.2	1.8		2.0
1510—12	280	6000	38	0.78	90.5	4.15	1.33	2.11	17.2	1.74
1512—12	330	6000	44.5	0.78	90.5	4.10	1.33	2.10	19.2	1.77

附录7　JR系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率(瓩)	定子		转子		功率因数 cosφ	效率(%)	过载能力倍数	空载电流(安)	定子电密(安/毫米²)
		电压(伏)	电流(安)	电压(伏)	电流(安)					
						(标准)	(标准)			
114—4	115	380	213	195	377	0.89	91.0	2.20	55	5.42
115—4	135	380	251	227	376	0.88	91.5	2.30	67	5.50
116—4	155	380	288	272	358	0.88	92.0	2.58	87	5.40
117—4	180	380	327	295	398	0.89	92.0	2.36	82	5.20
114—4	90	3000	22	182	300	0.86	89.5	2.40	7.6	5.72
115—4	110	3000	27	205	344	0.86	90.0	2.32	8.3	5.47
116—4	125	3000	30	235	340	0.87	90.5	2.40	9.2	5.26
117—4	150	3000	36	274	347	0.87	91.0	2.45	11	5.59
115—6	75	380	145	140	348	0.86	90.0	1.84	37	5.32
116—6	95	380	182	168	364	0.86	90.5	1.84	46	5.32
117—6	115	380	218	211	345	0.86	91.0	2.18	64.5	4.70
116—6	75	3000	19.4	220	217	0.84	89.0	2.60	8.4	5.40
117—6	95	3000	23.6			0.85	89.0	2.3		
115—8	60	380	121	189	203	0.82	88.5	2.38	47.5	4.91
116—8	70	380	139	213	211	0.83	89.0	2.28	58.1	4.80
117—8	80	380	158	243	212	0.84	89.5	2.34	58	4.70
115—10	45	380	99	132	221	0.77	88.0	2.16	45.5	4.29

（续）

型号	功率（瓩）	定子		转子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）					
116—10	55	380	121	158	225	（标准）0.77	（标准）88.0	2.22	57.4	4.62
117—10	65	380	142	176	256	0.78	88.5	2.03	61	4.60
126—4	225	380	405	296	478	0.90	92.5	2.12	84	5.11
127—4	260	380	466	339	480	0.90	93.0	2.18	96.5	5.04
128—4	300	380	535	396	473	0.90	93.5	2.28	113	5.13
126—4	190	3000	44.5	261	442	0.89	91.0	2.02	10	5.76
127—4	230	3000	53.5	328	442	0.88	92.0	2.40	14.3	5.12
125—6	150	380	246	187	441	0.87	91.0	1.88	60.2	5.26
126—6	155	380	292	218	453	0.87	91.5	1.85	69	5.28
127—6	185	380	350	254	462	0.87	92.0	1.89	83	5.05
128—6	215	380	402	281	487	0.88	92.0	1.80	88.8	5.42
125—6	110	3000	28	164	437	0.84	89.5	1.84	8.15	5.23
126—6	135	3000	34	200	436	0.84	90.0	1.98	10.7	5.98
127—6	165	3000	41.5	230	463	0.85	90.5	1.93	12.5	5.30
128—6	190	3000	47.1	256	480	0.85	90.5	1.85	13.4	5.60
125—8	95	380	182	214	287	0.85	90.5	1.93	54	4.98
126—8	110	380	211	244	292	0.85	90.5	1.93	60	4.97

（续）

型号	功率（瓩）	定子		转子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）					
						（标准）	（标准）			
127—8	130	380	248	285	270	0.85	91.5	1.88	72	4.65
128—8	155	380	296	340	290	0.85	88.0	2.14	93.5	4.94
125—8	85	3000	22.5	194	289	0.83	88.5	1.88	8.0	5.75
126—8	95	3000	24.5	218	288	0.83	88.5	1.85	8.2	5.40
127—8	110	3000	28.2	250	287	0.83	89.0	2.07	9.9	5.31
128—8	125	3000	32	292	278	0.83	89.5	1.99	11.1	5.36
125—10	80	380	169	167	312	0.80	89.0	1.93	66	4.67
126—10	95	380	197	188	329	0.80	89.5	1.80	78.2	4.69
127—10	115	380	238	225	330	0.80	90.0	1.93	90	4.85
128—10	130	380	267	252	340	0.81	90.0	1.82	94	5.44
127—10	90	3000	25.2	217	263	0.78	88.0	2.2		
128—10	100	3000	27.2	240	280	0.79	88.5	2.1		
136—4	300	3000	70	360	532	0.88	92.0	2.14	17.2	4.50
137—4	350	3000	82	360	620	0.88	92.5	1.83	17.2	5.28
138—4	410	3000	95.5	415	627	0.88	92.5	1.90	19.8	4.85
136—4	220	6000	26	336	417	0.88	90.0	2.50	7.4	4.23
137—4	260	6000	30.5	336	491	0.88	90.5	2.10	7.4	4.97

（续）

型　号	功率（瓩）	定　子		转　子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）	（标准）	（标准）			
138—4	300	6000	35	385	491	0.88	91.0	2.14	8.2	5.68
136—6	240	380	436	407	370	0.89	92.5	2.02	98	4.78
137—6	280	380	510	490	361	0.89	93.0	2.23	126.5	5.15
136—6	220	3000	52.5	370	380	0.87	91.0	1.92	12.8	4.95
137—6	250	3000	59.5	412	387	0.87	91.5	1.88	13.7	4.84
138—6	280	3000	66	463	385	0.88	92.0	1.92	14.8	5.00
136—8	180	380	350	353	325	0.85	92.0	1.95	109	5.13
137—8	210	380	399	392	341	0.85	92.5	1.88	114	5.40
138—8	245	380	464	443	355	0.86	92.5	1.80	120	5.41
136—8	145	3000	37	308	305	0.83	90.5	1.90	13.1	5.17
137—8	170	3000	42.8	348	336	0.84	91.0	1.95	14.3	5.50
138—8	200	3000	50	401	320	0.84	91.5	1.97	16.3	4.98
137—10	155	380	304	351	283	0.84	91.0	2.14	101	4.89
138—10	180	380	350	387	300	0.85	91.5	1.85	103	4.80
136—10	125	3000	33.5	277	298	0.80	88.5	1.90	12.6	5.00
137—10	145	3000	38	318	300	0.81	89.5	1.94	14.1	4.93
138—10	165	3000	43.5	370	290	0.82	90.0	1.94	16.7	4.83

附录 8　JRQ 系列三相异步电动机的技术数据

型　号	功率（瓩）	定子		转子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）					
						（标准）	（标准）			
146—4	430	3000	100	500	542	0.88	92.5	2.14	25.5	4.85
147—4	500	3000	116	582	540	0.88	93.0	2.28	29.4	4.83
148—4	570	3000	130	692	510	0.89	93.0	2.47	34.0	4.83
1410—4	680	3000	154	802	526	0.89	93.5	2.46	37.3	4.94
147—4	360	6000	42	553	408	0.88	91.5	2.63	12.6	6.30
148—4	440	6000	51	636	423	0.88	92.0	2.63	14.5	5.60
1410—4	500	6000	57	723	431	0.89	92.5	2.58	13.7	5.80
147—6	380	3000	92	470	512	0.85	92.0	2.09	27.0	4.48
148—6	430	3000	104	549	493	0.86	92.5	2.20	32.8	4.35
1410—6	520	3000	124	663	492	0.87	93.0	2.22	36.5	4.65
148—6	310	6000	37	473	415	0.86	91.0	2.17	10.7	6.02
1410—6	380	6000	45	550	440	0.87	91.5	2.04	11.3	5.76
147—8	260	3000	67	367	453	0.80	91.5	1.90	24.3	4.63
148—8	310	3000	78	415	478	0.82	92.0	1.83	24.8	4.78
1410—8	370	3000	93.5	497	468	0.82	92.5	1.87	31.2	4.55
147—8	200	6000	26	390	324	0.80	90.0	2.15	10.4	5.31
148—8	240	6000	31	442	346	0.81	90.0	2.10	10.8	5.42
1410—8	280	6000	36.5	495	357	0.80	90.0	2.30	15.5	5.48
147—10	200	3000	52	370	348	0.81	90.0	2.05	20.2	4.56
148—10	230	3000	60	415	356	0.81	90.5	1.97	21.8	4.50
1410—10	280	3000	72	498	354	0.82	91.0	1.92	24.7	4.75
1410—10	200	6000	27	511	248	0.80	89.0	2.78	13.0	5.52

（续）

型号	功率（瓩）	定子		转子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）					
						（标准）	（标准）			
147—12	140	3000	39.5	306	300	0.76	89.0	1.95	17.8	4.68
148—12	165	3000	45.5	354	301	0.76	89.5	2.08	21.2	4.65
1410—12	210	3000	58	442	305	0.77	90.0	2.07	26.3	4.36
158—4	850	3000				0.88	93.5			
1510—4	1100	3000				0.89	94.0			
1512—4	1250	3000				0.90	94.5			
158—4	680	6000	80	802	525	0.88	92.5	2.7	25.9	
1510—4	850	6000				0.89	93.0			
1512—4	1050	6000	118	1035	630	0.90	93.5	2.3	25.6	
157—6	600	3000				0.87	93.0			
158—6	680	3000				0.87	93.5			
1510—6	850	3000				0.87	93.5			
1512—6	1000	3000				0.88	94.0			
157—6	460	6000				0.87	92.0			
158—6	550	6000	64	670	515	0.87	92.5	2.16	16.8	
1510—6	650	6000				0.87	93.0			
1512—6	780	6000				0.86	93.0			
157—8	440	3000				0.83	92.5			
158—8	500	3000				0.84	92.5			
1510—8	625	3000				0.85	93.0			
1512—8	700	3000				0.85	93.0			
157—8	320	6000	39.5	476	427	0.83	90.5	2.18	14.0	

（续）

型号	功率（瓩）	定子		转子		功率因数 cosφ	效率（%）	过载能力倍数	空载电流（安）	定子电密（安/毫米²）
		电压（伏）	电流（安）	电压（伏）	电流（安）					
						（标准）	（标准）			
158—8	380	6000	47	545	435	0.84	91.5	2.22	16.8	
1510—8	475	6000				0.84	92.0			
1512—8	520	6000	68	770	471	0.85	92.5	2.02	19.7	
158—10	350	3000				0.82	91.5			
1510—10	430	3000	108	580	478	0.83	92.5			
1512—10	520	3000				0.84	92.5			
157—10	260	6000	33.5	415	403	0.80	89.5	2.08	12.9	
158—10	310	6000	40.0	474	419	0.82	90.0	2.08	15.0	
1510—10	400	6000	50.5	603	412	0.83	90.5			
1512—10	480	6000	60.5	738	409	0.83	91	2.35	24.0	
158—12	260	3000				0.77	91			
1510—12	320	3000	85.0	507	405	0.78	92	2.0	35.6	
1512—12	390	3000				0.79	92			
1510—12	280	6000				0.78	90.5			
1512—12	330	6000				0.78	91			

附录9　　JZ、JZR系列起重及冶金用三相异步电动机的技术数据

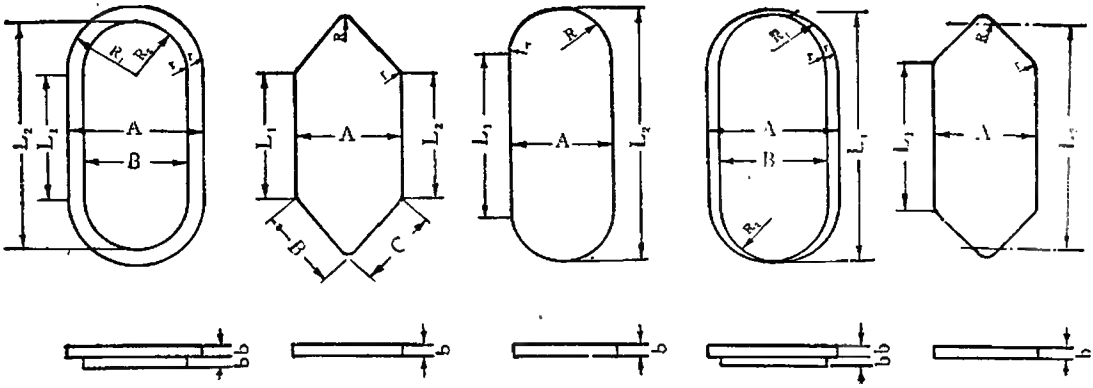
型号	25%负载持续率									每小时最大起动次数	转子转动惯量（公斤米²）	总重（公斤）
	功率（瓩）	转速（转/分）	定子线电流（安）		功率因数 Cosφ	效率（%）	过载能力倍数	起动转矩倍数	起动电流倍数			
			220伏	380伏								
JZ11—6	2.2	883	11.1	6.4	0.76	68.5	2.6	2.6	3.3	1,600	0.16	79
JZ12—6	3.5	875	16.6	9.6	0.78	70.5	2.6	2.6	3.6	1,600	0.25	98
JZ21—6	5.0	910	23.1	13.4	0.75	75.0	3.1	2.9	4.3	1,100	0.39	130
JZ22—6	7.5	905	33.3	19.3	0.76	77.5	3.1	3.0	4.4	900	0.55	153
JZ31—6	11.0	920	45.6	26.4	0.78	81.0	3.4	3.2	5.1	750	1.00	205
JZ31—8	7.5	682	33.0	19.1	0.76	78.0	3.0	2.9	4.5	1,200	1.00	205
JZ41—8	11.0	685	49.7	28.8	0.73	79.0	3.2	3.0	4.5	900	1.78	267
JZ42—8	16.0	685	68.3	39.6	0.76	80.5	3.3	3.1	4.8	800	2.60	330
JZ51—8	22.0	692	90.8	52.6	0.77	82.5	3.1	2.8	5.0	550	4.20	415
JZ52—8	28.0	695	112	64.6	0.79	83.5	3.2	2.8	5.2	550	5.50	490

（续）

型号	25%负载持续率								集电环间电压（伏）	总重（公斤）	转子转动惯量（公斤米²）
	功率（瓩）	转速（转/分）	定子电流（安）		功率因数 Cosφ	效率（%）	转子电流（安）	过载能力倍数			
			220伏	380伏							
JZR11—6	2.2	885	12.4	7.2	0.72	64.0	12.8	2.3	135	90	0.17
JZR12—6	3.5	910	17.8	10.3	0.73	70.5	12.2	2.5	204	109	0.27
JZR21—6	5.0	940	25.7	14.9	0.68	74.5	20.6	2.9	164	145	0.41
JZR22—6	7.5	945	36.1	20.9	0.69	78.5	21.6	2.8	227	163	0.57
JZR31—6	11.0	953	49.0	28.4	0.71	82.5	45.6	3.1	200	218	1.05
JZR31—8	7.5	702	36.7	21.2	0.69	77.5	28.0	2.6	185	218	1.05
JZR41—8	11.0	715	53.2	30.8	0.67	81.0	46.7	2.9	155	300	1.86
JZR42—8	16.0	718	73.4	42.5	0.69	82.5	46.3	3.0	222	365	2.70
JZR51—8	22.0	723	79.6	56.5	0.70	84.5	70.5	3.0	197	435	4.40
JZR52—8	30.0	725	124.0	71.6	0.74	86.0	74.3	3.0	257	510	5.70
JZR61—10	30.0	574	129.0	80.0	0.67	84.5	133.0	3.3	146	785	13.00
JZR62—10	45.0	577	190.0	110.0	0.71	87.5	138.0	3.2	206	945	17.50
JZR63—10	60.0	577	230.0	133.0	0.77	88.5	160.0	2.9	253	1,100	22.00
JZR71—10	80.0	582	329.0	190.0	0.71	89.5	167.0	3.3	294	1,500	40.00
JZR72—10	100.0	584	413.0	239.0	0.71	89.5	170.0	3.3	368	1,650	48.00
JZR73—10	125.0	585	445.0	286.0	0.73	90.0	175.0	3.4	422	1,850	57.00

附录10

常用小型三相异步电动机定子线圈线模图



图Ⅹ—1 单层同心式　图Ⅹ—2 双层叠绕　图Ⅹ—3 单层链式　图Ⅹ—4 交叉链式　图Ⅹ—5 JZ及JZR

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	(毫米)	电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J 31-2	1.0	145	80	70	24	0.35	单纱漆包线	0.69	1	单层同心式	72
J 32-2	1.7	145	80	100	24	0.35	单纱漆包线	0.86	1	单层同心式	52
J 41-2	2.8	182	102	80	24	0.50	单纱漆包线	1.16	1	单层同心式	48
J 42-2	4.5	182	102	115	24	0.50	单纱漆包线	1.40	1	单层同心式	33
J 51-2	7	245	145	90	24	0.60	单纱漆包线	1.20 1.25	1 1	单层同心式	32
J 52-2	10	245	145	140	24	0.60	单纱漆包线	1.35 1.45	1 1	单层同心式	21
J 61-2	14	327	162	80	36	0.70	单纱漆包线	1.25	2	双叠	17
J 62-2	20	327	182	105	36	0.70	单纱漆包线	1.45	2	双叠	13
J 71-2	28	368	210	105	36	0.80	单纱漆包线	1.45 1.35	1 2	双叠	12
J 72-2	40	368	210	135	36	0.80	单纱漆包线	1.45 1.35	1 3	双叠	9
J 81-2	55	423	245	130	36	1.10	单纱漆包线	1.56 1.45	3 2	双叠	8
J 82-2	75	423	245	180	36	1.10	单纱漆包线	1.56 1.46	1 6	双叠	6
J 91-2	100	493	280	160	36	1.00	单纱漆包线	1.56	9	双叠	5
J 92-2	125	493	280	220	36	1.00	单纱漆包线	1.56	11	双叠	4
J 31-4	0.6	145	90	84	24	0.25	单纱漆包线	0.57	1	单链	108
J 32-4	1.0	145	90	100	24	0.25	单纱漆包线	0.69	1	单链	89

机铁芯和绕组数据

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—12 2—11	12	1	1.65	20	132	107	—	80	—	70	60	5	8	X-1
1—12 2—11	12	1	1.93	20	132	107	—	110	—	70	60	5	8	X-1
1—12 2—11	12	1	3.27	20	160	130	—	92	—	86.5	70.5	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	3.90	20	160	130	—	125	—	86.5	70.5	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	6.00	20	220	175	—	107	—	120	96	5	14	X-1
1—12 2—11	12	1	8.25	20	220	175	—	160	—	120	96	5	14	X-1
1—13	36	2	9.80	28	209	133	118	115	120	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	10.90	28	209	133	118	140	145	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	6.30 11.00	28	240	156	156	135	135	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	5.00 13.20	28	240	156	156	165	165	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	17.50 10.00	28	290	194	184	178	166	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	4.80 25.00	28	290	194	184	228	216	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	36.50	28	340	210	210	210	210	20	—	6	11	X-2
1—13	36	2	39.50	28	340	210	210	270	270	20	—	6	11	X-2
1—6	12	1	1.12	18	60	—	—	94	154	36	—	5	12	X-3
1—6	12	1	1.34	18	60	—	—	110	170	36	—	5	12	X-3

（续

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J 41-4	1.7	182	110	80	36	0.27	单纱漆包线	0.96	1	单链	52
J 42-4	2.8	182	110	115	36	0.27	单纱漆包线	1.20	1	单链	36
J 51-4	4.5	245	155	90	36	0.40	单纱漆包线	1.40	1	单链	31
J 52-4	7	245	155	135	36	0.40	单纱漆包线	1.25	2	单链	21
J 61-4	10	327	210	80	36	0.60	单纱漆包线	1.56	1	双叠	25
J 62-4	14	327	210	105	36	0.60	单纱漆包线	1.25	2	双叠	19
J 71-4	20	368	230	105	36	0.60	单纱漆包线	1.56	2	双叠	17
J 72-4	28	368	230	135	36	0.60	单纱漆包线	1.45	3	双叠	13
J 81-4	40	423	280	130	48	0.70	单纱漆包线	1.45	4	双叠	9
J 82-4	55	423	280	180	48	0.70	单纱漆包线	1.35 1.45	2 1	双叠	13
J 91-4	75	493	327	160	60	0.90	单纱漆包线	1.45	4	双叠	10
J 92-4	100	493	327	220	60	0.90	单纱漆包线	1.56 1.35	3 2	双叠	8
J 41-6	1.0	182	110	80	36	0.27	单纱漆包线	0.86	1	单链	74
J 42-6	1.7	182	110	115	36	0.27	单纱漆包线	1.08	1	单链	51
J 51-6	2.8	245	155	90	36	0.40	单纱漆包线	1.25	1	单链	45
J 52-6	4.5	245	155	135	36	0.40	单纱漆包线	1.56	1	单链	30

一)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—8	18	1	2.85	26	97	—	—	112	154	65	—	5	12	X-3
1—8	18	1	3.50	26	97	—	—	145	188	65	—	5	12	X-3
1—8	18	1	5.90	26	131	—	—	120	—	90	—	5	10	X-3
1—8	18	1	7.20	26	131	—	—	165	—	90	—	5	10	X-3
1—8	36	2	9.55	44	134	90	81	108	116	20	—	6	15	X-2
1—8	36	2	10.10	44	134	90	81	133	141	20	—	6	15	X-2
1—8	36	2	15.20	44	150	95	95	145	145	20	—	6	10	X-2
1—8	36	2	16.30	44	150	95	95	175	175	20	—	6	10	X-2
1—8	36	2	22.70	57	174	125	116	166	178	20	—	6	12	X-2
1—10	48	4	16.60 9.30	57	174	125	116	216	228	20	—	6	12	X-2
1—13	60	4	37.50	48	220	145	145	204	204	20	—	6	11	X-2
1—13	60	4	29.00 14.50	48	220	145	145	264	264	20	—	6	11	X-2
1—32 2—7	18	1	2.60	26	51	—	—	102	162	29	—	5	12	X-3
1—32 2—7	18	1	3.20	26	51	—	—	137	177	29	—	5	12	X-3
1—32 2—7	18	1	4.60	44	75	—	—	120	—	35	—	5	10	X-3
1—32 2—7	18	1	5.70	44	75	—	—	165	—	35	—	5	11.5	X-3

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J 61-6	7	327	210	80	36	0.50	单纱漆包线	1.35	2	双叠	17
J 62-6	10	327	210	105	36	0.50	单纱漆包线	1.56	2	双叠	13
J 71-6	14	368	260	105	54	0.50	单纱漆包线	1.56	1	双叠	24
J 72-6	20	368	260	135	54	0.50	单纱漆包线	1.25	2	双叠	19
J 81-6	28	423	300	130	72	0.60	单纱漆包线	1.45 1.35	1 1	双叠	12
J 82-6	40	423	300	180	72	0.60	单纱漆包线	1.45	4	双叠	6
J 91-6	55	493	350	160	72	0.65	单纱漆包线	1.45	2	双叠	17
J 92-6	75	493	350	220	72	0.65	单纱漆包线	1.35	3	双叠	13
J 61-8	4.5	327	230	80	48	0.45	单纱漆包线	1.16	2	双叠	17
J 62-8	7	327	230	105	48	0.45	单纱漆包线	1.35 1.45	1 1	双叠	12
J 71-8	10	368	260	105	54	0.50	单纱漆包线	1.16	2	双叠	20
J 72-8	14	368	260	135	54	0.50	单纱漆包线	1.35	2	双叠	16
J 81-8	20	423	300	130	72	0.60	单纱漆包线	1.56	2	双叠	10
J 82-8	28	423	300	180	72	0.60	单纱漆包线	1.25	2	双叠	15
J 91-8	40	493	350	160	72	0.65	单纱漆包线	1.25 1.35	2 1	双叠	14
J 92-8	55	493	350	220	72	0.65	单纱漆包线	1.45	3	双叠	11

二)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—6	36	1	8.3	44	92	70	70	110	110	20	—	6	15	X-2
1—6	36	1	9.3	44	92	70	70	135	135	20	—	6	15	X-2
1—8	54	3	14.3	58	106	76	76	145	145	20	—	6	13	X-2
1—8	54	3	15.9	58	106	76	76	175	175	20	—	6	13	X-2
1—11	72	3	9.9 8.5	58	145	100	92	174	166	20	—	6	12	X-2
1—11	72	2	22.5	58	145	100	92	224	216	20	—	6	12	X-2
1—11	72	6	346	58	172	131	122	196	208	20	—	6	20	X-2
1—11	72	6	38.5	58	172	131	122	256	268	20	—	6	20	X-2
1—6	48	1	7.5	58	83	59	59	110	110	20	—	6	12	X-2
1—6	48	1	3.95 4.55	58	83	59	59	135	135	20	—	6	12	X-2
1—7	54	2	11.9	58	90	62	62	145	145	20	—	6	10	X-2
1—7	54	2	14.3	58	90	62	62	175	175	20	—	6	10	X-2
1—9	72	2	17.4	58	115	83	75	174	166	20	—	6	12	X-2
1—9	72	4	19.3	58	115	83	75	224	216	20	—	6	12	X-2
1—8	72	4	17.7 10.3	58	118	92	84	190	190	20	—	6	20	X-2
1—8	72	4	32.2	58	118	92	84	256	268	20	—	6	20	X-2

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	(毫米)	电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO31-2	0.6	145	80	70	24	0.35	单纱漆包线	0.59	1	单层同心式	85
JO32-2	1.0	145	80	100	24	0.35	单纱漆包线	0.69	1	单层同心式	62
JO41-2	1.7	182	102	80	24	0.50	单纱漆包线	1.00	1	单层同心式	56
JO42-2	2.8	182	102	115	24	0.50	单纱漆包线	1.25	1	单层同心式	40
JO51-2	4.5	245	145	90	24	0.60	单纱漆包线	1.56	1	单层同心式	39
JO52-2	7	245	145	140	24	0.60	单纱漆包线	1.25 1.35	1 1	双叠	25
JO62-2	10	327	182	100	36	0.70	单纱漆包线	1.16	2	双叠	18
JO63-2	14	327	182	130	36	0.70	单纱漆包线	1.35	2	双叠	14
JO72-2	20	368	210	135	36	0.80	单纱漆包线	1.45 1.56	4 1	双叠	6
JO73-2	28	368	210	180	36	0.80	单纱漆包线	1.56	3	双叠	9
JO82-2	40	423	245	180	36	1.10	单纱漆包线	1.45	5	双叠	8
JO83-2	55	423	245	240	36	1.10	单纱漆包线	1.56 1.45	4 2	双叠	6
JO93-2	75	493	280	250	36	1.00	单纱漆包线	1.56	8	双叠	5
JO94-2	100	493	280	320	36	1.00	单纱漆包线	1.56	12	双叠	4
JO31-4	0.6	145	90	84	24	0.25	单纱漆包线	0.57	1	单链	108
JO32-4	1.0	145	90	100	24	0.25	单纱漆包线	0.69	1	单链	89

机铁芯和绕组数据

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—12 2—11	12	1	1.40	20	132	107	—	80	—	70	60	5	8	X-1
1—12 2—11	12	1	1.69	20	132	107	—	110	—	70	60	5	8	X-1
1—12 2—11	12	1	2.80	20	160	130	—	92	—	86.5	70.5	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	4.60	20	160	130	—	125	—	86.5	70.5	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	7.60	20	220	175	—	107	—	120	96	5	14	X-1
1—12 2—11	12	1	4.00 4.70	20	220	175	—	160	—	120	96	5	14	X-1
1—13	36	2	10.50	28	209	133	118	140	145	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	11.70	28	209	133	118	165	170	20	—	6	12	X-2
1—13	36	1	13.20 3.80	28	240	156	156	165	165	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	18.50	28	240	156	156	210	210	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	25.00	28	290	176	167	228	216	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	21.00 9.00	28	290	194	184	288	270	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	44.00	28	340	210	210	300	300	20	—	6	12	X-2
1—13	36	2	53.00	28	340	210	210	370	370	20	—	6	12	X-2
1—6	12	1	1.12	26	60	—	—	94	154	36	—	5	12	X-3
1—6	12	1	1.34	26	60	—	—	110	170	36	—	5	12	X-3

（续

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO41-4	1.7	182	110	80	36	0.27	单纱漆包线	1.00	1	单链	52
JO42-4	2.8	182	110	115	36	0.27	单纱漆包线	1.25	1	单链	36
JO51-4	4.5	245	155	90	36	0.4	单纱漆包线	1.40	1	单链	32
JO52-4	7	245	155	135	36	0.4	单纱漆包线	1.25	2	单链	22
JO62-4	10	327	210	100	36	0.5	单纱漆包线	1.16	2	双叠	21
JO63-4	14	327	210	130	36	0.5	单纱漆包线	1.35	2	双叠	16
JO72-4	20	368	230	135	36	0.6	单纱漆包线	1.56	5	双叠	7
JO73-4	28	368	230	180	36	0.6	单纱漆包线	1.25 1.12	2 2	双叠	11
JO82-4	40	423	280	180	48	0.7	单纱漆包线	1.45	5	双叠	7
JO83-4	55	423	300	240	48	0.7	单纱漆包线	1.45 1.35	2 1	双叠	11
JO93-4	75	493	327	260	60	0.9	单纱漆包线	1.45	5	双叠	7
JO94-4	100	493	327	320	60	0.9	单纱漆包线	1.45	6	双叠	6
JO41-6	1.0	182	110	80	36	0.27	单纱漆包线	0.86	1	单链	74
JO42-6	1.7	182	110	115	36	0.27	单纱漆包线	1.08	1	单链	51
JO51-6	2.8	245	155	90	36	0.4	单纱漆包线	1.25	1	单链	45
JO52-6	4.5	245	155	135	36	0.4	单纱漆包线	1.56	1	单链	30

—)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—8	18	1	3.55	26	97	—	—	112	154	65	—	5	12	X-3
1—8	18	1	4.5	26	97	—	—	145	188	65	—	5	12	X-3
1—8	18	1	6	26	131	—	—	112	—	75	—	5	10	X-3
1—8	18	1	7.2	26	131	—	—	135	—	75	—	5	10	X-3
1—8	36	2	10	44	134	90	81	108	116	20	—	5	15	X-2
1—8	36	2	13	44	134	90	81	133	141	20	—	5	15	X-2
1—8	36	1	17	44	150	95	95	175	175	20	—	6	10	X-2
1—8	36	2	9.75 8.45	44	150	95	95	210	210	20	—	6	10	X-2
1—11	48	2	25.5	38	185	135	123	228	216	20	—	6	12	X-2
1—11	48	4	19.3 8.4	47	194	143	130	288	276	20	—	6	12	X-2
1—12	60	4	43.7	47	250	163	163	280	280	20	—	6	11	X-2
1—12	60	4	49.5	47	250	163	163	364	364	20	—	6	11	X-2
1—32 2—7	18	1	2.6	26	51	—	—	102	162	29	—	5	12	X-3
1—32 2—7	18	1	3.2	26	51	—	—	137	177	29	—	5	12	X-3
1—32 2—7	18	1	4.6	44	75	—	—	110	—	35	—	5	10	X-3
1—32 2—7	18	1	5.7	44	75	—	—	165	—	35	—	5	11.5	X-3

（续

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	(毫米)	电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO62-6	7	327	210	100	36	0.5	单纱漆包线	1.35 1.45	1	双叠	14
JO63-6	10	327	210	130	36	0.5	单纱漆包线	1.35	3	双叠	11
JO72-6	14	368	260	135	54	0.5	单纱漆包线	1.45	2	双叠	13
JO73-6	20	368	260	180	54	0.5	单纱漆包线	1.35 1.45	1 1	双叠	14
JO82-6	28	423	300	180	72	0.6	单纱漆包线	1.56	2	双叠	10
JO83-6	40	423	300	240	72	0.6	单纱漆包线	1.56	4	双叠	5
JO93-6	55	493	350	260	72	0.65	单纱漆包线	1.25 1.35	1 2	双叠	13
JO94-6	75	493	350	320	72	0.65	单纱漆包线	1.56	3	双叠	10
JO62-8	4.5	327	230	100	48	0.45	单纱漆包线	1.25	2	双叠	14
JO63-8	7	327	230	130	48	0.45	单纱漆包线	1.45	2	双叠	11
JO72-8	10	368	260	135	54	0.5	单纱漆包线	1.25	2	双叠	17
JO73-8	14	368	260	180	54	0.5	单纱漆包线	1.45	2	双叠	13
JO82-8	20	423	300	180	72	0.6	单纱漆包线	1.35 1.45	2 1	双叠	8
JO83-8	28	423	300	240	72	0.6	单纱漆包线	1.45	2	双叠	13
JO93-8	40	493	350	250	72	0.65	单纱漆包线	1.45	3	双叠	11
JO94-8	55	493	350	320	72	0.65	单纱漆包线	1.45 1.35	2 2	双叠	8

二)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—6	36	1	4.2 4.7	44	92	70	70	135	135	20	—	6	15	X-2
1—6	36	1	9.8	44	92	70	70	158	158	20	—	6	15	X-2
1—9	54	2	15.3	58	106	76	76	175	175	20	—	6	13	X-2
1—9	54	3	8 9.2	58	106	76	76	220	220	20	—	6	13	X-2
1—11	72	3	21.4	58	150	104	96	224	216	20	—	6	12	X-2
1—11	72	2	24.5	58	150	104	96	284	276	20	—	6	12	X-2
1—11	72	6	11 26.7	58	172	131	122	286	298	20	—	6	20	X-2
1—11	72	6	46.5	58	172	131	122	340	372	20	—	6	20	X-2
1—6	48	1	8.2	58	83	59	59	135	135	20	—	6	12	X-2
1—6	48	1	9.5	58	83	59	59	158	158	20	—	6	12	X-2
1—7	54	2	13	58	90	62	62	175	175	20	—	6	10	X-2
1—7	54	2	15.7	58	90	62	62	220	220	20	—	6	10	X-2
1—9	72	2	11.7 6.7	58	115	83	75	224	216	20	—	6	12	X-2
1—9	72	4	24	58	115	83	75	284	274	20	—	6	12	X-2
1—8	72	4	34	58	120	92	84	286	298	20	—	6	20	X-2
1—9	72	4	19.5 16.7	58	136	109	99	356	368	20	—	6	20	X 2

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J_2-61-2	17	280	155	110	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4 1.35	1 1	双叠	16
J_2-62-2	22	280	155	130	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.62	2	双叠	13
J_2-71-2	30	327	182	130	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.3	4	双叠	10
J_2-72-2	40	327	182	155	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	4	双叠	8
J_2-81-2	55	368	210	180	36	1.2	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45 1.5	1 2	双叠	14
J_2-82-2	75	368	210	230	36	1.2	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25 1.3	2 3	双叠	11
J_2-91-2	100	423	245	220	42	1.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	5	双叠	8
J_2-92-2	125	423	245	290	42	1.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.68	5	双叠	7
J_2-61-4	13	280	182	120	36	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	2	双叠	17
J_2-62-4	17	280	182	155	36	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	1	双叠	27
J_2-71-4	22	327	210	145	36	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	3	双叠	12
J_2-72-4	30	327	210	190	36	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	1	双叠	37
J_2-81-4	40	368	245	180	48	0.65	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	1	双叠	27
J_2-82-4	55	368	245	240	48	0.65	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	3	双叠	10
J_2-91-4	75	423	280	210	60	0.85	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	4	双叠	8

机铁芯和绕组数据

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—13	36	1	5.04 4.7	22	158	100	100	150	150	20		5	11	X-2
1—13	36	1	10.67	22	158	100	100	175	175	20		5	11	X-2
1—13	36	1	16	28	182	130	130	170	170	20		5	11	X-2
1—13	36	1	18.5	28	182	130	130	195	195	20		5	11	X-2
1—13	36	2	8.83 18.9	28	202	155	155	220	220	20		5	13	X-2
1—13	36	2	18.3 11.3	28	202	155	155	270	270	20		5	13	X-2
1—15	36	2	33.2	34	234	177	177	260	260	20		5	13	X-2
1—15	36	2	41.5	34	234	177	177	300	300	20		5	13	X-2
1—8	36	1	7.1	28	125	75	75	160	160	20		5	9	X-2
1—8	36	2	7.8	28	125	75	75	195	195	20		5	9	X-2
1—9	36	1	12.2	26	162	92	92	185	185	20		5	10	X-2
1—9	36	4	15	26	162	92	92	230	230	20		5	10	X-2
1—11	48	4	19.5	38	170	104	104	220	220	20		5	10	X-2
1—11	48	2	24.6	38	170	104	104	280	280	20		5	10	X-2
1—13	60	2	32.3	50	187	120	120	250	250	20		5	10	X-2

（续

型号	功率(瓩)	定子铁芯 外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	气隙(毫米)	定子 电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J_2-92-4	100	423	280	260	60	0.85	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	3	双叠	13
J_2-61-6	10	280	200	165	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	2	双叠	14
J_2-62-6	13	280	200	205	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	2	双叠	11
J_2-71-6	17	327	230	200	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5 1.45	1 1	双叠	9
J_2-72-6	22	327	230	250	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	2	双叠	14
J_2-81-6	30	368	260	180	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	2	双叠	12
J_2-82-6	40	368	260	240	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	2	双叠	14
J_2-91-6	55	423	300	320	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56	1	双叠	23
J_2-92-6	75	423	300	420	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.3	2	双叠	17
J_2-61-8	7.5	280	200	165	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	1	双叠	18
J_2-62-8	10	280	200	205	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	1	双叠	27
J_2-71-8	13	327	230	155	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	1	双叠	25
J_2-72-8	17	327	230	200	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5 1.45	1 1	双叠	10
J_2-81-8	22	368	260	180	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	2	双叠	15
J_2-82-8	30	368	260	240	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	1	双叠	23

一)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—13	60	4	40.4	50	187	120	120	300	300	20		5	10	X-2
1—9	54	1	7.9	44	105	62	62	205	205	20		5	7	X-2
1—9	54	1	10	44	105	62	62	250	250	20		5	7	X-2
1—9	54	1	5.9 5.5	44	115	67	67	230	230	20		5	7	X-2
1—9	54	2	13.6	44	115	67	67	280	280	20		5	7	X-2
1—11	72	2	19.5	58	124	76	76	220	220	20		5	7	X-2
1—11	72	3	24.5	58	124	76	76	280	280	20		5	7	X-2
1—11	72	6	28.4	56	138	86	86	295	295	20		5	8	X-2
1—11	72	6	34.5	56	138	86	86	380	380	20		5	8	X-2
1—7	54	1	8	58	74	46	46	135	135	20		5	7	X-2
1—7	54	2	9.5	58	74	46	46	175	175	20		5	7	X-2
1—7	54	2	10	58	85	52	52	185	185	20		5	7	X-2
1—7	54	1	6.2 5.8	58	85	52	52	230	230	20		5	7	X-2
1—9	72	2	18.4	58	94	61	61	220	220	20		5	7	X-2
1—9	72	4	26.3	58	94	61	61	280	280	20		5	7	X-2

（续

型号	功率(瓩)	定子铁芯 外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	气隙(毫米)	定子 电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
J_2-91-8	40	423	300	255	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16	2	双叠	18
J_2-92-8	55	423	300	340	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4 1.45	1 1	双叠	14
J_2—81—10	17	368	260	180	60	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16 1.25	1 1	双叠	20
J_2—82—10	22	368	260	240	60	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	2	双叠	15
J_2—91—10	30	423	300	240	60	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	1	双叠	31
J_2—92—10	40	423	300	320	60	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.62	1	双叠	24

附录14　　JO_2 系列三相异步电动

型号	功率(瓩)	定子铁芯 外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	气隙(毫米)	定子 电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO_2—11—2	0.8	120	67	65	24	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	0.67	1	单层同心式	94
JO_2—12—2	1.1	120	67	85	24	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	0.77	1	单层同心式	72
JO_2—121-2	1.5	145	82	75	18	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	0.83	1	单层交叉式	80
JO_2—22—2	2.2	145	82	100	18	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	0.93	1	单层交叉式	60

二)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—9	72	4	23.3	56	104	71	71	295	295	20		5	8	X-2
1—9	72	4	15.7 16.8	56	104	71	71	380	380	20		5	8	X-2
1—6	60	2	7.9 9.1	64	74	46	46	220	220	20		5	8	X-2
1—6	60	2	18.9	64	74	46	46	280	280	20		5	8	X-2
1—6	60	5	19.9	64	84	56	56	280	280	20		5	8	X-2
1—6	60	5	27.1	64	84	56	56	360	360	20		5	8	X-2

机铁芯和绕组数据

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—12 2—11	12	1	1.63	20	86	69	—	—	151	43	35	5	8	X-1
1—12 2—11	12	1	1.79	20	86	69	—	—	171	43	35	5	8	X-1
1—9 2—10 18—11	9	1	1.81	16	86	73	—	190	—	43	36	5	8.5	X-4
1—9 2—10 18—11	9	1	1.88	16	86	73	—	221	—	43	36	5	8.5	X-4

型号	功率(瓩)	定子铁芯 外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数	气隙(毫米)	定子 电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO_2—31—2	3	167	94	95	24	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	1	单层同心式	41
JO_2—32—2	4	167	94	125	24	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	0.96	1	单层同心式	56
JO_2—41—2	5.5	210	114	110	24	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	0.93	2	单层同心式	53
JO_2—42—2	7.5	210	114	135	24	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.08	2	单层同心式	43
JO_2—51—2	10	245	136	120	24	0.7	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	2	单层同心式	40
JO_2—52—2	13	245	136	160	24	0.7	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16 1.25	1 2	单层同心式	32
JO_2—61—2	17	280	155	155	30	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	1	双叠	25
JO_2—71—2	22	327	182	155	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	4	双叠	10
JO_2—72—2	30	327	182	200	36	0.8	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56 1.62	2 2	双叠	8
JO_2—82—2	40	368	210	240	36	1.2	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	3	双叠	13
JO_2—91—2	55	423	245	260	42	1.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56	4	双叠	10
JO_2—92—2	75	423	245	300	42	1.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56	5	双叠	8
JO_2—93—2	100	423	245	365	42	1.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56 1.5	3 4	双叠	6
JO_2—11—4	0.6	120	75	85	24	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.57	1	单链	115
JO_2—12—4	0.8	120	75	100	24	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.67	1	单链	96

一)

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—12 2—11	12	1	2.84	20	116	95	—	—	215	58	47	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	3.05	20	116	95	—	—	245	58	47	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	5.81	20	138	115	—	—	251	70	57	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	6.87	20	138	115	—	—	276	70	57	5	10	X-1
1—12 2—11	12	1	10.5	20	175	143	—	—	273	87	72	5	12	X-1
1—12 2—11	12	1	11.3	20	175	143	—	—	313	87	72	5	12	X-1
1—11	30	2	9.7	22	158	100	100	195	195	20	—	5	11	X-2
1—13	36	1	18.6	28	182	130	130	195	195	20	—	5	11	X-2
1—13	36	1	10.8 11.2	28	182	130	130	250	250	20	—	5	11	X-2
1—13	36	2	26.5	28	202	155	155	280	280	20	—	5	13	X-2
1—15	42	2	39.3	34	234	177	177	300	300	20	—	5	13	X-2
1—15	42	2	43.3	34	234	177	177	340	340	20	—	5	13	X-2
1—15	42	2	22.6 27.1	34	234	177	177	400	400	20	—	5	13	X-2
1—6	12	1	1.35	22	50	—	—	—	134	31	—	10	8	X-3
1—6	12	1	1.55	22	50	—	—	—	134	31	—	10	8	X-3

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO$_2$—21—4	1.1	145	90	85	24	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.72	1	单链	80
JO$_2$—22—4	1.5	145	90	115	24	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.83	1	单链	62
JO$_2$—31—4	2.2	167	104	95	36	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	0.96	1	单层交叉式	41
JO$_2$—32—4	3	167	104	135	36	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	1	单层交叉式	31
JO$_2$—41—4	4	210	136	100	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.00	1	单层交叉式	52
JO$_2$—42—4	5.5	210	136	125	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16	1	单层交叉式	42
JO$_2$—51—4	7.5	245	162	120	36	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.06	2	单层交叉式	38
JO$_2$—52—4	10	245	162	160	36	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	2	单层交叉式	29
JO$_2$—61—4	13	280	182	155	36	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	1	双叠	27
JO$_2$—62—4	17	280	182	190	36	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	1	双叠	21
JO$_2$—71—4	22	327	210	190	36	0.55	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	2	双叠	20
JO$_2$—72—4	30	327	210	260	36	0.55	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56	2	双叠	15

二)

绕组				转子槽数	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)		A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—6	12	1	1.47	22	60	—	—	—	141	36	—	10	9	X-3
1—6	12	1	1.74	22	60	—	—	—	171	36	—	10	9	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	2.3	26	73	65	—	175	—	39	34	10	10	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	2.79	26	73	65	—	215	—	39	34	10	10	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	3.57	26	94	84	—	185	—	65	53	10	10	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	3.93	26	94	84	—	210	—	65	53	10	10	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	6.14	26	110	99	—	213	—	65	56	10	11	X-3
1—9 2—10 18—11	18	1	6.68	26	110	99	—	253	—	65	56	10	11	X-3
1—8	36	2	7.6	28	125	75	75	190	190	20	—	5	9	X-2
1—8	36	2	8.8	28	125	75	75	225	225	20	—	5	9	X-2
1—9	36	2	17	26	162	92	92	230	230	20	—	5	10	X-2
1—9	36	2	19	26	162	92	92	300	300	20	—	5	10	X-2

（续

型号	功率（瓩）	定子铁芯				气隙（毫米）	定子				
		外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）	槽数		电磁线	导线直径（毫米）	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO$_2$—82—4	40	368	245	275	48	0.65	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	3	双叠	11
JO$_2$—91—4	55	423	280	260	60	0.85	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	2	双叠	17
JO$_2$—92—4	75	423	280	340	60	0.85	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	3	双叠	13
JO$_2$—93—4	100	423	280	380	60	0.85	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	4	双叠	11
JO$_2$—21—6	0.8	145	94	85	36	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.67	1	单链	81
JO$_2$—22—6	1.1	145	94	115	36	0.25	高强度聚脂漆包圆铜线	0.77	1	单链	61
JO$_2$—31—6	1.5	167	114	95	36	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	0.93	1	单链	60
JO$_2$—32—6	2.2	167	114	135	36	0.3	高强度聚脂漆包圆铜线	1.04	1	单链	42
JO$_2$—41—6	3	210	148	110	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	1	单链	40
JO$_2$—42—6	4	210	148	140	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.04	1	单链	55
JO$_2$—51—6	5.5	245	174	130	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	1	单链	47
JO$_2$—52—6	7.5	245	174	170	36	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	1	单链	37
JO$_2$—61—6	10	280	200	175	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16 1.12	1 1	双叠	11
JO$_2$—62—6	13	280	200	220	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35 1.3	1 1	双叠	9
JO$_2$—71—6	17	327	230	220	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5 1.45	1 1	双叠	9

三)

绕组				转子槽数	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)		A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—11	48	2	25	38	170	104	104	315	315	20	—	5	10	X-2
1—13	60	4	37.6	50	187	120	120	300	300	20	—	5	10	X-2
1—13	60	4	46.2	50	187	120	120	380	380	20	—	5	10	X-2
1—13	60	4	51.5	50	187	120	120	420	420	20	—	5	10	X-2
1—6	18	1	1.66	33	42	—	—	—	132	25	—	10	9	X-3
1—6	18	1	1.94	33	42	—	—	—	162	25	—	10	9	X-3
1—6	18	1	2.33	33	50	—	—	—	150	31	—	10	10	X-3
1—6	18	1	2.88	33	50	—	—	—	190	31	—	10	10	X-3
1—6	18	1	3.54	33	65	—	—	—	170	43	—	10	9	X-3
1—6	18	1	4.13	33	65	—	—	—	200	43	—	10	9	X-3
1—6	18	1	4.82	33	76	—	—	—	199	47	—	10	11	X-3
1—6	18	1	5.97	33	76	—	—	—	239	47	—	10	11	X-3
1—9	54	1	4.5 4.1	44	105	62	62	205	205	20	—	5	7	X 2
1—9	54	1	5.5 5.1	44	105	62	62	250	250	20	—	5	7	X-2
1—9	54	1	5.9 5.5	44	115	67	67	230	230	20	—	5	7	X-2

（续

型号	功率（瓩）	定子铁芯				气隙（毫米）	定子				
		外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）	槽数		电磁线	导线直径（毫米）	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO2—72—6	22	327	230	250	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	2	双叠	14
JO$_2$—81—6	30	368	260	240	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	2	双叠	16
JO$_2$—82—6	40	368	260	310	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	2	双叠	12
JO$_2$—91—6	55	423	300	320	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	3	双叠	10
JO$_2$—92—6	75	423	300	420	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	2	双叠	15
JO$_2$—41—8	2.2	210	148	110	48	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	1	单链	37
JO$_2$—42—8	3	210	148	140	48	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.3	1	单链	31
JO$_2$—51—8	4	245	174	130	48	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.12	1	单链	48
JO$_2$—52—8	5.5	245	174	170	48	0.35	高强度聚脂漆包圆铜线	1.3	1	单链	37
JO$_2$—61—8	7.5	280	200	175	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.04	1	双叠	29
JO$_2$—62—8	10	280	200	220	54	0.4	高强度聚脂漆包圆铜线	1.2	1	双叠	23
JO$_2$—71—8	13	327	230	200	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	1	双叠	21
JO$_2$—72—8	17	327	230	250	54	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.56	1	双叠	17
JO$_2$—81—8	22	368	260	240	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.35	2	双叠	12
JO$_2$—82—8	30	368	260	310	72	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.62	2	双叠	10

四）

绕组				转子	定子线圈木模尺寸(毫米)									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量(公斤)	槽数	A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—9	54	2	13.6	44	115	67	67	280	280	20	—	5	7	X-2
1—11	72	3	23.8	58	124	76	76	280	280	20	—	5	7	X-2
1—11	72	3	27.9	58	124	76	76	350	350	20	—	5	7	X-2
1—11	72	3	34.1	56	138	86	86	360	360	20	—	5	8	X-2
1—11	72	6	40.4	56	138	86	86	460	460	20	—	5	8	X-2
1—6	24	1	3.47	44	49	—	—	—	165	30	—	10	9	X-3
1—6	24	1	4.47	44	49	—	—	—	195	30	—	10	9	X-3
1—6	24	1	5.18	44	58	—	—	—	188	37	—	10	11	X-3
1—6	24	1	6.27	44	58	—	—	—	228	37	—	10	11	X-3
1—7	54	2	8.5	58	74	46	46	205	205	20	—	5	7	X-2
1—7	54	2	10	58	74	46	46	250	250	20	—	5	7	X-2
1—7	54	2	10.4	58	85	52	52	230	230	20	—	5	7	X-2
1—7	54	2	13	58	85	52	52	280	280	20	—	5	7	X-2
1—9	72	2	19.3	58	94	61	61	280	280	20	—	5	7	X-2
1—9	72	2	27.2	58	94	61	61	350	350	20	—	5	7	X-2

型号	功率(瓩)	定子铁芯				气隙(毫米)	定子				
		外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	槽数		电磁线	导线直径(毫米)	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JO$_2$—91—8	40	423	300	320	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.3	2	双叠	17
JO$_2$—92—8	55	423	300	420	72	0.6	高强度聚脂漆包圆铜线	1.5	2	双叠	13
JO$_2$—81-10	17	368	260	240	60	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.25	2	双叠	17
JO$_2$—82-10	22	368	260	310	60	0.45	高强度聚脂漆包圆铜线	1.45	2	双叠	13
JO$_2$—91-10	30	423	300	320	60	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.4	1	双叠	26
JO$_2$—92-10	40	423	300	400	60	0.5	高强度聚脂漆包圆铜线	1.16	2	双叠	21

五）

绕组				转子槽数	定子线圈木模尺寸（毫米）									图号
槽距	每台线圈数	并联支路数	铜线重量（公斤）		A	B	C	L_1	L_2	R_1	R_2	r	b	
1—9	72	4	31.4	56	104	71	71	360	360	20	—	5	8	X-2
1—9	72	4	38.1	56	104	71	71	460	460	20	—	5	8	X-2
1—6	60	2	18.4	64	74	46	46	280	280	20	—	5	8	X-2
1—6	60	2	22.2	64	74	46	46	350	350	20	—	5	8	X-2
1—6	60	5	21.6	64	84	56	56	360	360	20	—	5	8	X-2
1—6	60	5	27.1	64	84	56	56	440	440	20	—	5	8	X 2

型号	功率	定子铁芯			定子槽数	气隙
	(瓩)	外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	转子槽数(Q_1/Q_2)	(毫米)
114—4	115	560	350	210+20	60/38	0.9
115—4	135	560	350	240+30	60/38	0.9
116—4	155	560	350	280+40	60/38	0.9
117—4	180	560	350	320+50	60/38	0.9
114—4	90	560	350	210+20	48/35	0.9
115—4	110	560	350	240+30	48/35	0.9
116—4	125	560	350	280+40	48/35	0.9
117—4	150	560	350	320+50	48/35	0.9
115—6	75	560	400	250+20	72/58	0.8
116—6	95	560	400	290+30	72/58	0.8
117—6	115	560	400	330+40	72/58	0.8
116—6	75	560	400	230+40	54/64	0.8
117—6	95	560	400	320+50	54/64	0.8
115—8	60	560	400	250+20	72/58	0.8
116—8	70	560	400	290+30	72/58	0.8
117—8	80	560	400	330+40	72/58	0.8
115—10	45	560	423	250+20	99/72	0.8

机铁芯和绕组数据

定子绕组						转子槽形编号
并联路数(a)	节距(y)	每槽导体数(z)	线规(n—a×b)	铜重(公斤)	槽形编号	
4△/Y	1—13	14	2—1.81×2.83	55	XⅨ—2—01	XⅨ—5—04
4△/Y	1—13	12	4—1.08×2.83	57	〃	〃
4△/Y	1—13	10	4—1.25×2.83	60	〃	〃
4△	1—13	16	2—1.68×2.83	69	〃	〃
Y	1—11	36	1—1.25×3.28	50	XⅨ—1—08	〃
Y	1—11	32	1—1.56×3.28	60	〃	〃
Y	1—11	28	1—1.81×3.28	64	〃	〃
Y	1—11	24	1—2.1×3.28	65	〃	〃
3△/Y	1—11	12	2—1.68×2.83	51	XⅨ—2—02	XⅨ—5—07
6△/Y	1—11	20	2—1.08×2.83	57	〃	〃
6△/Y	1—11	16	2—1.45×2.83	66	〃	〃
Y	1—8	36	1—1.16×3.28	51	XⅨ—2—13	XⅨ—5—01
Y	1—8	32	1—1.45×3.28	60	〃	〃
4△/Y	1—9	18	2—1.16×2.83	45	XⅨ—2—02	XⅨ—5—07
4△/Y	1—9	16	2—1.35×2.83	52	〃	〃
4△/Y	1—9	14	2—1.56×2.83	56	〃	〃
5△/Y	1—8	24	聚酯漆包线 2—Φ1.68	50	XⅨ—2—03	XⅨ—5—01

（续）

型号	功率（千瓦）	定子铁芯 外径（毫米）	定子铁芯 内径（毫米）	定子铁芯 长度（毫米）	定子槽数 转子槽数 (Q_1/Q_2)	气隙（毫米）
116—10	55	560	423	290 + 30	99/72	0.8
117—10	65	560	423	330 + 40	99/72	0.8
115—10	45	560	423	190 + 20	99/72	0.8
116—10	55	560	423	230 + 30	99/72	0.8
117—10	65	560	423	270 + 40	99/72	0.8
126—4	225	650	423	270 + 50	60/47	1.0
127—4	260	650	423	310 + 60	60/47	1.0
128—4	300	650	423	360 + 70	60/47	1.0
126—4	190	650	423	270 + 50	60/47	1.0
127—4	230	650	423	310 + 60	60/47	1.0
125—6	130	650	475	240 + 30	72/58	0.8
126—6	155	650	475	280 + 40	72/58	0.8
127—6	185	650	475	320 + 50	72/58	0.8
128—6	215	650	475	360 + 70	72/58	0.8
125—6	110	650	475	240 + 30	72/58	0.8
126—6	135	650	475	280 + 40	72/58	0.8
127—6	165	650	475	320 + 50	72/58	0.8

（续）

定子绕组						转子槽形编号
并联路数 (a)	节距 (y)	每槽导体数 (z)	线规 (n—a×b)	铜重 (公斤)	槽形编号	
5△/Y	1—8	20	2—1.08×2.63	56	XⅨ—2—03	XⅨ—5—01
5△/Y	1—8	18	2—1.25×2.63	63	〃	〃
5Y	1—9	24	聚酯漆包线 2—Φ1.56	37		
5Y	1—9	20	聚酯漆包线 2—Φ1.68	39		
5Y	1—9	18	聚酯漆包线 3—Φ1.56	48		
4△	1—13	16	2—1.68×3.53	87	XⅨ—2—08	XⅨ—5—06
4△	1—13	14	2—1.95×3.53	94	〃	〃
4△	1—13	12	2—2.26×3.53	98	〃	〃
Y	1—14	20	1—1.35×5.9	85	XⅨ—1—09	〃
Y	1—14	16	1—1.81×5.9	99	〃	〃
6△/Y	1—11	18	2—1.16×3.53	66	XⅨ—2—07	XⅨ—5—02
3△	1—10	14	2—3.53×1.56	73	〃	〃
3△	1—10	12	2—1.95×3.53	84	〃	〃
6Y	1—11	12	2—1.85×3.53	87	〃	〃
Y	1—10	28	1—1.81×3.05	77	XⅨ—1—10	〃
Y	1—11	22	2—1.0×3.05	72	〃	〃
Y	1—10	20	1—1.16×6.9	93	〃	〃

（续）

型号	功率（千瓦）	定子铁芯 外径（毫米）	定子铁芯 内径（毫米）	定子铁芯 长度（毫米）	定子槽数 / 转子槽数 (Q_1/Q_2)	气隙（毫米）
128—6	190	650	475	360＋70	72/58	0.8
125—8	95	650	475	240＋30	72/58	0.8
126—8	110	650	475	280＋40	72/58	0.8
127—8	130	650	475	320＋50	72/58	0.8
128—8	155	650	475	360＋70	72/58	0.8
125—8	85	650	475	240＋30	72/58	0.8
126—8	95	650	475	280＋40	72/58	0.8
127—8	110	650	475	320＋50	72/58	0.8
128—8	125	650	475	380＋70	72/58	0.8
125—10	80	650	493	240＋30	90/72	0.8
126—10	95	650	493	280＋40	90/72	0.8
127—10	115	650	493	320＋50	90/72	0.8
128—10	130	650	493	370＋60	90/72	0.8
127—10	90	650				
128—10	100	650				
136—4	300	740	475	310＋60	60/50	1.1
137—4	350	740	475	310＋60	60/50	1.1

（续）

定子绕组						转子槽形编号
并联路数（a）	节距（y）	每槽导体数(z)	线规（n—a×b）	铜重(公斤)	槽形编号	
Y	1—10	18	1—1.25×6.9	96	Ⅸ—1—10	Ⅸ—5—02
4△/Y	1—9	16	2—1.35×3.53	65	Ⅸ—2—07	〃
4△/Y	1—9	14	2—1.56×3.53	70	Ⅸ—2—07	〃
4△/Y	1—9	12	2—1.95×3.53	81	〃	〃
4△/Y	1—9	10	2—2.26×3.53	84	〃	〃
Y	1—8	36	1—1.35×3.05	66	Ⅸ—1—10	〃
Y	1—8	32	1—1.56×3.05	74	〃	〃
Y	1—8	28	1—1.81×3.05	80	〃	〃
Y	1—8	24	1—2.1×3.05	85	Ⅸ—1—08	〃
5△/Y	1—9	18	2—1.35×2.83	68	Ⅸ—2—06	〃
5△/Y	1—9	16	2—1.56×2.83	76	〃	〃
5△/Y	1—8	14	2—1.81×2.83	80	〃	〃
5△/Y	1—9	12	2—1.81×2.83	78	〃	〃
2Y	1—13	30	2—1.0×4.1	137	Ⅸ—1—04	Ⅸ—5—09
2Y	1—13	30	2—1.0×4.1	137	〃	〃

（续）

型号	功率（千瓦）	定子铁芯 外径（毫米）	定子铁芯 内径（毫米）	定子铁芯 长度（毫米）	定子槽数 转子槽数 (Q_1/Q_2)	气隙（毫米）
138—4	410	740	475	360＋70	60/50	1.1
136—4	220	740	475	310＋60	60/50	1.1
137—4	260	740	475	310＋60	60/50	1.1
138—4	300	740	540	360＋70	60/50	1.1
136—6	240	740	540	270＋50	72/86	0.95
137—6	280	740	540	310＋60	72/86	0.95
136—6	220	740	540	270＋50	72/86	0.95
137—6	250	740	540	310＋60	72/86	0.95
138—6	280	740	540	360＋70	72/86	0.95
136—8	180	740	540	270＋50	72/86	0.95
137—8	210	740	540	310＋60	72/86	0.95
138—8	245	740	540	360＋70	72/86	0.95
136—8	145	740	540	270＋50	72/86	0.95
137—8	170	740	540	310＋60	72/86	0.95
138—8	200	740	540	360＋70	72/86	0.95
137—10	155	740	560	310＋60	90/80	0.8
138—10	180	740	560	360＋70	90/80	0.8
136—10	125	740	560	270＋50	90/80	0.8
137—10	145	740	560	310＋60	90/80	0.8
138—10	165	740	560	360＋70	90/80	0.8

（续）

定子绕组						转子槽形编号
并联路数 (a)	节距 (y)	每槽导体数(z)	线规 (n—a×b)	铜重(公斤)	槽形编号	
2Y	1—13	26	2—1.25×4.1	159	XⅨ—1—04	XⅨ—5—09
Y	1—13	32	2—1.0×3.28	118	XⅨ—1—07	〃
Y	1—13	32	2—1.0×3.28	118	〃	〃
Y	1—13	28	2—1.0×3.28	109	XⅨ—1—04	〃
3△	1—11	12	2—2.26×4.1	110	XⅨ—2—04	XⅨ—5—02
3△	1—11	10	2—2.44×4.1	109	〃	〃
Y	1—11	20	2—1.35×3.8	121	XⅨ—1—11	〃
Y	1—11	18	2—1.56×3.8	131	〃	〃
Y	1—11	16	1—1.68×80	140		〃
4△	1—8	20	2—1.16×4.1	85	XⅨ—2—04	〃
4△	1—8	18	2—1.35×4.1	95	〃	〃
4△	1—8	16	2—1.65×4.1	106	〃	〃
Y	1—8	26	2—1.0×3.8	99	XⅨ—1—05	〃
Y	1—9	22	2—1.08×3.8	100	XⅨ—1—11	〃
Y	1—8	20	1—1.25×80	119	〃	〃
5△	1—8	22	2—1.16×3.28	96	XⅨ—2—05	XⅨ—5—06
5△	1—8	20	2—1.35×3.28	111	〃	〃
Y	1—9	24	1—1.16×5.9	104	XⅨ—1—12	〃
Y	1—8	22	1—1.35×5.9	115	〃	〃
Y	1—9	18	1—1.56×5.9	123	〃	〃

型号	功率	定子铁芯			定子槽数	气隙
	(千瓦)	外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	转子槽数(Q_1/Q_2)	(毫米)
146—4	430	850	540	240+50	60/50	1.3
147—4	500	850	540	280+60	60/50	1.3
148—4	570	850	540	340+70	60/50	1.3
1410—4	680	850	540	400+90	60/50	1.3
147—4	360	850	540	280+60	60/50	1.3
148—4	440	850	540	320+70	60/50	1.3
1410—4	500	850	540	400+90	60/50	1.3
147—6	380	850	596	280+60	72/86	1.3
148—6	430	850	596	320+70	72/86	1.3
1410—6	520	850	596	400+90	72/86	1.3
148—6	310	850	596	320+70	72/86	1.3
1410—6	380	850	596	400+90	72/86	1.3
147—8	260	850	596	286+60	72/86	1.3
148—8	310	850	596	320+70	72/86	1.3
1410—8	370	850	596	400+90	72/86	1.3
147—8	200	850	596	280+60	84/76	1.3
148—8	240	850	596	320+70	84/76	1.3
1410—8	280	850	596	400+90	72/86	1.3
147—10	200	850	650	280+60		0.9
148—10	230	850	650	320+70	90/80	0.9
1410—10	280	850	650	400+90	90/106	0.9
1410—10	200	850	650	400+90	90/106	0.9
147—12	140	850	650	280+60	90/106	0.9
148—12	165	850	650	320+70	90/106	0.9
1410—12	210	850	650	400+90	90/106	0.9
158—4	850	990	650		60/47	2.0
1510—4	1100	990	650		60/47	2.0
1512—4	1250	990	650		60/47	2.0
158—4	680	990	650	320+70	60/47	2.0
1510—4	850	990	650	400+90	60/47	2.0
1512—4	1050	990	650	480+110	60/47	2.0

机铁芯和绕组数据

定子绕组						转子槽形编号
并联路数(a)	节距(y)	每槽导体数(z)	线规 (n—a×b)	铜重(公斤)	槽形编号	
Y	1—14	14	2—2.63×4.1	168	XⅨ—1—04	XⅨ—5—05
Y	1—14	12	2—3.05×4.1	176	〃	〃
△	1—13	18	2—1.95×4.1	177	〃	〃
2Y	1—13	18	2—1.95×4.1	188	〃	〃
Y	1—13	26	2—1.08×3.28	104	〃	〃
Y	1—14	22	2—1.45×3.28	130	〃	〃
Y	1—13	20	2—1.56×3.28	138	〃	〃
Y	1—11	14	1—2.63×8.0	138	XⅨ—1—02	XⅨ—5—03
Y	1—11	12	1—3.05×8.0	193	〃	〃
2Y	1—11	20	2—1.81×3.8	199	〃	〃
Y	1—11	28	2—1.08×3.05	117	〃	〃
Y	1—11	24	2—1.35×3.05	141	〃	〃
Y	1—9	18	1—1.81×8.0	148	〃	〃
Y	1—9	16	1—2.1×8.0	158	〃	〃
Y	1—8	14	1—2.68×8.0	184	〃	XⅨ—5—08
Y	1—10	34	1—1.0×5.1	114	XⅨ—1—03	〃
Y	1—10	30	1—1.16×5.1	126	〃	XⅨ—5—03
Y	1—8	28	2—1.08×3.28	123	XⅨ—1—02	〃
Y	1—9	18	1—1.68×6.9	144	XⅨ—1—01	〃
Y	1—9	16	1—1.95×6.9	156	〃	〃
Y	1—8	14	1—2.26×6.9	169	〃	
Y	1—9	26	1—1.0×5.1	106	XⅨ—1—06	
Y	1—8	22	1—1.25×6.9	123	XⅨ—1—01	XⅨ—5—03
Y	1—7	20	1—1.45×6.9	134	〃	〃
Y	1—7	16	1—1.95×6.9	164	〃	
					XⅨ—1—18	XⅨ—3—03
					〃	〃
					〃	〃
Y	1—13	18	2—1.81×4.7	201	XⅨ—1—18	〃
Y	1—13	16	2—2.1×4.7	217	XⅨ—1—18	〃
Y	1—13	14	2—2.44×4.7	240	〃	〃

（续）

型号	功率（千瓦）	定子铁芯			定子槽数 / 转子槽数 (Q_1/Q_2)	气隙（毫米）
		外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）		
157—6	600	990	700		72/96	1.2
158—6	680	990	700	320+70	72/96	1.2
1510—6	850	990	700		72/96	1.2
1512—6	1000	990	700		72/96	1.2
157—6	460	990	700	280+60	72/96	1.2
158—6	550	990	700	320+70	72/96	1.2
1510—6	650	990	700		72/96	1.2
1512—6	780	990	700	480+110	72/96	1.2
157—8	440	990	700	320+70	72/96	1.2
158—8	500	990	700		72/96	1.2
1510—8	625	990	7000		72/96	1.2
1512—8	700	990	7000		72/96	1.2
157—8	320	990	7000	280+60	72/96	1.2
158—8	380	990	7000	320+70	72/96	1.2
1510—8	475	990	7000	400+90	72/96	1.2
1512—8	570	990	700	480+110	72/96	1.2
158—10	350	990	770		90/114	1.1
1510—10	430	990	770		90/114	1.1
1512—10	520	990	770	480+110	90/114	1.1
157—10	260	990	770	280+60	90/114	1.1
158—10	310	990	770	320+70	90/114	1.1
1510—10	400	990	770	400+90	90/114	1.1
1512—10	480	990	770	480+110	90/114	1.1
158—12	260	990	770		90/114	1.1
1510—12	320	990	770	400+90	90/114	1.1
1512—12	390	990	770	480+110	90/114	1.1
1510—12	280	990	770	400+90	90/114	1.1
1512—12	330	990	770	480+110	90/114	1.1

（续）

定子绕组						转子槽形编号
并联路数（a）	节距（y）	每槽导体数(z)	线规（n—a×b）	钢重(公斤)	槽形编号	
					XⅨ—1—19	XⅨ—3—03
2Y	1—11	20	2—1.68×5.1		〃	〃
					〃	〃
					〃	〃
Y	1—11	24	2—1.25×4.7	186	〃	〃
Y	1—11	22	2—1.45×4.7	209	〃	〃
					〃	〃
Y	1—11	16	2—1.81×4.7	227	〃	〃
Y	1—9	14	2—2.63×5.1	229	〃	〃
					〃	〃
					〃	〃
					〃	〃
Y	1—9	32	1—1.95×4.1	155	〃	〃
Y	1—9	28	1—2.44×4.1	172	〃	〃
Y	1—9	24	2—1.25×4.7	194	〃	〃
Y	1—9	20	2—1.45×4.7	206	〃	〃
					XⅨ—1—02	XⅨ—3—01
					〃	〃
2Y	1—8	20	2—1.68×4.7	284	〃	〃
Y	1—9	32	1—1.95×3.53	164	〃	〃
Y	1—9	28	2—1.0×4.1	172	〃	〃
Y	1—9	22	2—1.25×4.1	189	〃	〃
Y	1—9	18	2—1.68×4.1	231	〃	〃
					〃	〃
Y	1—7	14	2—2.26×4.7	220	〃	〃
Y	1—7	22	2—1.47×4.7	252	〃	〃
Y	1—7	28	2—1.0×4.1	176	〃	〃
Y	1—7	24	2—1.16×4.1	195	〃	〃

型号	功率（千瓦）	定子铁芯 外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）	定子槽数/转子槽数（Q_1/Q_2）	气隙（毫米）	定 并联路数(a)	节距(y)
114—4	115	560	350	210+20	60/54	0.9	4△/Y	1—13
115—4	135	560	350	240+30	60/54	〃	4△/Y	1—13
116—4	155	560	350	280+40	60/54	〃	4△/Y	1—13
117—4	180	560	350	320+50	60/54	〃	4△	1—13
114—4	90	560	350	210+20	48/54	〃	Y	1—11
115—4	110	560	350	240+30	48/54	〃	Y	1—11
116—4	125	560	350	280+40	48/54	〃	Y	1—11
117—4	150	560	350	320+50	48/54	〃	Y	1—11
115—6	75	560	400	250+20	72/54	0.8	3△/Y	1—11
116—6	95	560	400	290+30	72/54	〃	6△/Y	1—11
117—6	115	560	400	330+40	72/54	〃	6△/Y	1—11
116—6	75	560	400	280+40	54/72	〃	Y	1—8
117—6	95	560	400	320+50	54/72	〃		
115—8	60	560	400	250+20	72/84	0.75	4△/Y	1—9
116—8	70	560	400	290+30	72/84	〃	4△/Y	1—9
117—8	80	560	400	330+40	72/84	〃	5△/Y	1—9
115—10	45	560	423	250+20	90/75	〃	5△/Y	1—8
116—10	55	560	423	290+30	90/75	〃	5△/Y	1—8
117—10	65	560	423	330+40	90/75	〃	5△/Y	1—8
126—4	225	650	423	270+50	60/54	1	4△	1—13
127—4	260	650	423	310+60	60/54	1	4△	1—13
128—4	300	650	423	360+70	60/54	1	4△	1—13
126—4	190	650	423	270+50	60/54	1	Y	1—14
127—4	230	650	423	310+60	60/54	1	Y	1—14
125—6	130	650	475	240+30	72/54	0.8	6△/Y	1—11
126—6	155	650	475	280+40	72/54	0.8	3△	1—10
127—6	185	650	475	320+50	72/54	0.8	3△	1—10
128—6	215	650	475	360+70	72/54	0.8	6Y	1—11
125—6	110	650	475	240+30	72/54	0.8	Y	1—10
126—6	135	650	475	280+40	72/54	0.8	Y	1—11
127—6	165	650	475	320+50	72/54	0.8	Y	1—10
128—6	190	650	475	360+70	72/54	0.8	Y	1—10
125—8	95	650	475	240+30	72/84	0.8	4△/Y	1—9
126—8	110	650	475	280+40	72/84	0.8	4△/Y	1—9

电动机铁芯和绕组数据

子绕组				转子绕组		
每槽导体数(z)	线规 (n－a×b)	铜重(公斤)	槽形编号	线规 (a×b)	铜重(公斤)	槽形编号
14	2-1.81×2.83	55	XⅨ-2-01	4.40×15.6	41.0	XⅨ—4—09
12	4-1.08×2.83	57	XⅨ-2-01	4.40×15.6	43.5	XⅨ—4—09
10	4-1.25×2.83	60	〃	4.40×15.6	47.0	〃
16	2-1.68×2.83	69	〃	4.40×15.6	50.0	〃
36	1-1.25×3.26	50	XⅨ-1-08	4.40×15.6	41.0	〃
32	1-1.56×3.26	60	〃	4.40×15.6	43.5	〃
28	1-1.81×3.28	64	〃	4.40×15.6	47.0	〃
24	1-2.10×3.28	65	〃	4.40×15.6	50.0	〃
12	2-1.68×2.83	51	XⅨ-2-02	5.10×15.6	46.0	XⅨ—4—02
20	2-1.08×2.83	57	〃	5.10×15.6	49.5	〃
16	2-1.45×2.83	66	〃	5.10×15.6	53.0	〃
36	1-1.16×3.28	51	XⅨ-1-13	4.10×15.6	53.0	XⅨ—4—05
18	2-1.16×2.83	45	XⅨ-2-02	2.83×13.5	31.6	XⅨ—4—14
16	2-1.35×2.83	52	〃	2.83×13.5	34.5	〃
14	2-1.56×2.83	56	XⅨ-2-02	2.83×13.5	37.0	XⅨ—4—14
24	聚脂漆包 2-Φ1.68	50	XⅨ-2-03	3.28×16.8	39.0	XⅨ—4—03
20	2-1.08×2.60	56	〃	3.28×16.8	43.0	〃
18	2-1.25×2.63	63	〃	3.28×16.8	46.0	〃
16	2-1.68×3.53	87	XⅨ-2-08	5.1×18	72	XⅨ—4—04
14	2-1.95×3.53	94	〃	5.1×18	76	〃
12	2-2.26×3.53	98	〃	5.1×18	81	〃
20	1-1.35×5.90	85	XⅨ-1-09	5.1×18	72	〃
16	1-1.81×5.90	98	〃	5.1×18	76	〃
18	2-1.16×3.53	66	XⅨ-2-07	5.1×18	56	〃
14	2-1.56×3.53	73	〃	5.1×18	60	〃
12	2-1.95×3.53	84	〃	5.1×18	65	〃
12	2-1.81 3.53	87	〃	5.1×18	70	〃
28	1-1.81×3.05	77	XⅨ-1-10	5.1×18	56	〃
22	2-1.00×3.05	72	〃	5.1×18	60	〃
20	1-1.16×6.90	93	〃	5.1×18	65	〃
18	1-1.25×6.90	96	〃	5.1×18	70	〃
16	2-1.35×3.53	65	XⅨ-2-07	3.28×1.68	50	XⅨ—4—03
14	2-1.56×3.53	70	〃	3.28×1.68	53	〃

（续）

型号	功率（千瓦）	定子铁芯 外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）	定子槽数 转子槽数 (Q_1/Q_2)	气隙（毫米）	定 并联路数(a)	节距(y)
127—8	130	650	475	320＋50	72/84	0.8	4△/Y	1—9
128—8	155	650	475	360＋70	72/84	0.8	4△/Y	1—9
125—8	85	650	475	240＋30	72/84	0.8	Y	1—8
126—8	95	650	475	280＋40	72/84	0.8	Y	1—8
127—8	110	650	475	320＋50	72/84	0.8	Y	1—8
128—8	125	650	475	380＋70	72/84	0.8	Y	1—8
125—10	80	650	493	240＋30	90/75	0.8	5△/Y	1—9
126—10	95	650	493	280＋40	90/75	0.8	5△/Y	1—9
127—10	115	650	493	320＋50	90/75	0.8	5△/Y	1—8
128—10	130	650	493	370＋60	90/75	0.8	5△/Y	1—9
127—10	90	650	493			0.8		
128—10	100	650	493			0.8		
136—4	300	740	475	310＋60	60/54	1.1	2Y	1—13
137—4	350	740	475	310＋60	60/54	1.1	2Y	1—13
138—4	410	740	475	360＋70	60/54	1.1	2Y	1—13
136—4	220	740	475	310＋60	60/54	1.1	Y	1—13
137—4	260	740	475	310＋60	60/54	1.1	Y	1—13
138—4	300	740	475	360＋70	60/54	1.1	Y	1—13
136—6	240	740	540	270＋50	72/90	0.95	3△	1—11
137—6	280	740	540	310＋50	72/90	0.95	3△	1—11
136—6	220	740	540	270＋50	72/90	0.95	Y	1—11
137—6	250	740	540	310＋60	72/90	0.95	Y	1—11
138—6	280	740	540	360＋70	72/90	0.95	Y	1—11
136—8	180	740	540	270＋50	72/96	0.95	4△	1—8
137—8	210	740	540	310＋60	72/96	0.95	4△	1—8
138—8	245	740	540	360＋70	72/96	0.95	4△	1—8
136—8	145	740	540	250＋50	72/96	0.95	Y	1—8
137—8	170	740	540	310＋60	72/96	0.95	Y	1—9
138—8	200	740	540	360＋70	72/96	0.95	Y	1—8
137—10	155	740	560	310＋60	90/105	0.8	5△	1—8
138—10	180	740	560	360＋70	90/105	0.8	5△	1—8
136—10	125	740	560	270＋50	90/105	0.8	Y	1—9
137—10	145	740	560	310＋60	90/105	0.8	Y	1—8
138—10	165	740	560	360＋70	90/105	0.8	Y	1—9

（续）

子绕组				转子绕组		
每槽导体数(z)	线规 (n－a×b)	铜重 (公斤)	槽形编号	线规 (a×b)	铜重 (公斤)	槽形编号
12	2-1.96×3.53	81	XIX-2-07	3.28×1.68	57	XIX—4—03
10	2-2.26×3.53	84	〃	3.28×1.68	61	〃
36	1-1.35×3.05	66	XIX-1-10	3.28×1.68	50	〃
32	1-1.56×3.05	74	〃	3.28×1.68	53	〃
28	1-1.81×3.05	80	〃	3.28×1.68	57	〃
24	1-2.10×3.05	85	XIX-1-08	3.28×1.68	61	〃
18	2-1.35×2.83	68	XIX-2-06	4.10×15.6	48	XIX—4—09
16	2-1.56×2.83	76	〃	4.10×15.6	52	〃
14	2-1.81×2.83	80	〃	4.10×15.6	56	〃
12	2-1.81×2.83	78	〃	4.10×15.6	61	〃
30	2-1.00×4.1	137	XIX-1-04	5.5×22.0	99	XIX—4—06
30	2-1.00×4.1	137	〃	5.5×22.0	99	〃
26	2-1.25×4.1	159	XIX-1-04	5.5×22.0	105	〃
32	2-1.00×3.28	118	XIX-1-07	5.5×22.0	99	〃
32	2-1.00×3.28	118	〃	5.5×22.0	99	〃
28	2-1.00×3.28	109	XIX-1-04	5.5×22.0	105	〃
12	2-2.26×4.1	110	XIX-2-04	4.4×19.5	99	XIX—4—11
10	2-2.44×4.1	109	〃	4.4×19.5	105	〃
20	2-1.35×3.8	121	XIX-1-11	4.4×19.5	99	〃
18	2-1.56×3.8	131	〃	4.4×19.5	105	〃
16	1-1.68×8.0	140	〃	4.4×19.5	113	〃
20	2-1.16×4.1	85	XIX-2-04	3.53×22.0	87	XIX—4—10
18	2-1.35×4.1	95	〃	3.53×22.0	94	〃
26	2-1.56×4.1	106	〃	3.53×22.0	101	〃
26	2-1.00×3.8	99	XIX-1-05	3.53×22.0	87	〃
22	2-1.08×3.8	100	XIX-1-11	3.53×22.0	94	〃
20	1-1.25×8.0	119	〃	3.53×22.0	101	〃
22	2-1.16×3.28	96	XIX-2-05	3.28×16.8	70	XIX—4—01
20	2-1.35×3.28	111	〃	3.28×16.8	76	〃
24	1-1.16×5.9	104	XIX-1-12	3.28×16.8	64	〃
22	1-1.35×5.9	115	〃	3.28×16.8	70	〃
18	1-1.56×5.9	123	〃	3.28×16.8	76	〃

型号	功率	定子铁芯			定子槽数	气隙	定	
	(瓩)	外径(毫米)	内径(毫米)	长度(毫米)	转子槽数 Q_1/Q_2	(毫米)	并联路数(a)	节距(y)
146—4	430	850	540	240+50	60/72	1.3	Y	1—14
147—4	500	850	540	280+60	60/72	1.3	Y	1—14
148—4	570	850	540	340+70	60/72	1.3	△	1—13
1410—4	680	850	540	400+90	60/72	1.3	2Y	1—13
147—4	360	850	540	280+60	60/72	1.3	Y	1—13
148—4	440	850	540	320+70	60/72	1.3	Y	1—14
1410—4	500	850	540	400+90	60/72	1.3	Y	1—13
147—6	380	850	590	280+60	72/81	1.1	Y	1—11
148—6	430	850	590	320+70	72/81	1.1	Y	1—11
1410—6	520	850	590	400+90	72/81	1.1	2Y	1—11
148—6	310	850	590	320+70	72/81	1.1	Y	1—11
1410—6	380	850	590	400+90	72/81	1.1	Y	1—11
147—8	260	850	590	280+60	72/84	1.0	Y	1—9
148—8	310	850	590	320+70	72/84	1.0	Y	1—9
1410—8	370	850	590	400+90	72/84	1.0	Y	1—8
147—8	200	850	590	280+60	84/96	1.0	Y	1—10
148—8	240	850	590	320+70	84/96	1.0	Y	1—10
1410—8	280	850	590	400+90	72/84	1.0	Y	1—8
147—10	200	850	650	280+60	90/105	0.9	Y	1—9
148—10	230	850	650	320+70	90/105	0.9	Y	1—9
1410—10	280	850	650	400+90	90/105	0.9	Y	1—8
1410—10	200	850	650	400+70	90/105	0.9	Y	1—9
147—12	140	850	650	280+60	90/108	0.9	Y	1—8
148—12	165	850	650	320+70	90/108	0.9	Y	1—7
1410—12	210	850	600	400+90	90/108	0.9	Y	1—7
158—4	850	990	650		60/72	2.0		
1510—4	1100	990	650		60/72	2.0		
1512—4	1250	990	650		60/72	2.0		
158—4	680	990	650	320+7×10	60/72	2.0	Y	1—13
1510—4	850	990	650	320+9×10	60/72	2.0	Y	1—13

机 铁 芯 和 绕 组 数 据

子 绕 组				转 子 绕 组		
每槽导体数 (z)	线规 n—a×b	铜重 (公斤)	槽形编号	线规 a×b	铜重 (公斤)	槽形编号
14	2—2.63×4.1	168	XⅨ—1—04	4.7×2.2	111	XⅨ—4—08
12	2—3.05×4.1	176	〃	4.7×2.2	118	〃
18	2—1.95×4.1	177	〃	4.7×2.2	127	〃
18	2—1.95×4.1	188	〃	4.7×2.2	137	〃
26	2—1.08×3.28	104	〃	4.7×2.2	118	〃
22	2—1.45×3.28	130	〃	4.7×2.2	124	〃
20	2—1.56×3.28	138	〃	4.7×2.2	137	〃
14	1—2.63×8.0	183	XⅨ—1—02	4.7×19.5	103	XⅨ—4—13
12	1—3.05×8.0	193	〃	4.7×19.5	110	〃
20	2—1.81×3.8	199	〃	4.7×19.5	123	〃
28	2—1.08×3.05	117	〃	4.7×19.5	110	〃
24	2—1.35×3.05	141	〃	4.7×19.5	123	〃
18	1—1.31×8.0	148	〃	4.7×19.5	98	〃
16	1—2.1×8.0	158	〃	4.7×19.5	105	〃
14	1—2.63×8.0	184	〃	4.7×19.5	118	〃
34	1—1.0×5.1	114	XⅨ—1—03	4.1×22	110	XⅨ—4—12
30	1—1.16×5.1	126	〃	4.1×22	117	〃
28	2—1.08×3.28	123	XⅨ—1—02	4.7×19.5	118	XⅨ—4—13
18	1—1.68×6.9	144	XⅨ—1—01	3.53×22	100	XⅨ—4—07
16	1—1.95×6.9	156	〃	3.53×22	107	〃
14	1—2.26×6.9	169	〃	3.53×22	121	〃
26	1—1.0×5.1	106	XⅨ—1—06	3.53×22	121	〃
22	1—1.25×6.9	123	XⅨ—1—01	3.53×22	101	〃
20	1—1.45×6.9	134	〃	3.53×22	108	〃
16	1—1.95×6.9	164	〃	3.53×22	123	〃
			XⅨ—1—18	5.5×22		XⅨ—4—17
			〃	5.5×22		〃
			〃	5.5×22		〃
18	2—1.81×4.7	201	〃	5.5×22	161	〃
16	2—2.10×4.7	217	〃	5.5×22		〃

（续）

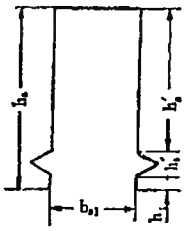
型号	功率（瓩）	定子铁芯			定子槽数 转子槽数 Q_1/Q_2	气隙（毫米）	定	
		外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）			并联路数 (a)	节距 (y)
1512—4	1050	990	650	480+11×10	60/72	2.0	y	1—13
157—6	600	990	700		72/90	1.2		
158—6	680	990	700		72/90	1.2	2y	1—11
1510—6	850	990	700		72/90	1.2		
1512—6	1000	990	700		72/90	1.2		
157—6	460	990	700		72/90	1.2	y	1—11
158—6	550	990	700	320+7×10	72/90	1.2	y	1—11
1510—6	650	990	700		72/90	1.2		
1512—6	780	990	700		72/90	1.2		
157—8	440	990	700		72/96	1.1		
158—8	500	990	700		72/96	1.1		
1510—8	625	990	700		72/96	1.1		
1512—8	700	990	700		72/96	1.1		
157—8	320	990	700	280+6×10	72/96	1.1	y	1—9
158—8	380	990	700	320+7×10	72/96	1.1	y	1—9
1510—8	475	990	700		72/96	1.1	y	1—9
1512—8	520	990	700	480+11×10	72/96	1.1	y	1—9
158—10	350	990	770		90/105	1.1		
1510—10	430	990	770	400+9×10	90/105	1.1	y	1—8
1512—10	520	990	770		90/105	1.1		
157—10	260	990	770	280+6×10	90/105	1.1	y	1—9
158—10	310	990	770	320+7×10	90/105	1.1	y	1—9
1510—10	400	990	770	400+9×10	90/105	1.1	y	1—9
1512—10	480	990	770	480+11×10	90/105	1.1	y	1—9
158—12	260	990	770		90/108	1.1		
1510—12	320	990	770	400+9×10	90/108	1.1	y	1—7
1512—12	390	990	770		90/108	1.1		
1510—12	280	990	770	400+9×10	90/108	1.1	y	1—7
1512—12	330	990	770	480+11×10	90/108	1.1	y	1—7

子绕组				转子绕组		
每槽导体数 (z)	线规 n－a×b	铜重 (公斤)	槽形编号	线规 a×b	铜重 (公斤)	槽形编号
14	2—2.44×4.7	240	XⅨ—1—18	5.5×22	189	XⅨ—4—17
			XⅨ—1—19	5.1×22		XⅨ—4—16
20	2—1.68×5.1		〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
24	2—1.25×4.7	186	〃	5.1×22		〃
22	2—1.45×4.7	209	〃	5.1×22	161	〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
			〃	5.1×22		〃
32	1—1.95×4.1	155	〃	5.1×22	145	〃
28	1—2.44×4.1	172	〃	5.1×22	154	〃
24	2—1.25×4.7	194	〃	5.1×22		〃
20	2—1.45×4.7	206	〃	5.1×22	192	〃
			XⅨ—1—20	5.5×18		XⅨ—4—15
12	2—2.63×4.7	232	〃	5.5×18	164	〃
			〃	5.5×18		〃
32	1—1.95×3.53	164	〃	5.5×18	135	〃
28	2—1.0×4.1	172	〃	5.5×18	145	〃
22	2—1.25×4.1	189	〃	5.5×18	164	〃
18	2—1.68×4.1	231	〃	5.5×18	182	〃
			〃	5.5×18		〃
14	2—2.26×4.7	220	〃	5.5×18	165	〃
			〃	5.5×18		〃
28	2—1.0×4.1	176	〃	5.5×18		〃
24	2—1.16×4.1	195	〃	5.5×18		〃

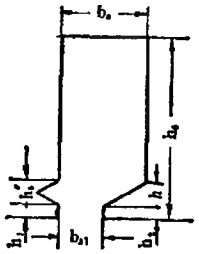
附录19　JS，JSQ JR，JRQ 系列三相异步电动机槽形尺寸

图　　号	h_s	b_{s1}	h_s''	h_s'	h_1
XⅡ—1—01	56.5	12.5	4	52.5	0.5
XⅡ—1—02	66	13.8	4.5	61.5	1.0
XⅡ—1—03	72	12.3	5	67	0.5
XⅡ—1—04	63	14.1	5	58	1
XⅡ—1—05	58	13.4	4	54	1.0
XⅡ—1—06	59	12.4	4.5	54.5	1
XⅡ—1—07	68.5	14.1	4.5	64	1
XⅡ—1—08	49.5	13	4.5	45	1
XⅡ—1—09	55	11.6	4.5	50.5	1
XⅡ—1—10	50.5	12.7	4.5	46	1
XⅡ—1—11	52	13.5	4.5	47.5	1
XⅡ—1—12	58.5	11.7	4.5	54	1
XⅡ—1—13	48	13.1	4.5	43.5	1
XⅡ—1—14	55.5	13.3	4	51.5	0.5
XⅡ—1—15	65	14.2	4	61	0.5
XⅡ—1—16	70	14.3	4	66	0.5
XⅡ—1—17	76	14.3	4	72	0.5
XⅡ—1—18	62	17	5	57	0.5
XⅡ—1—19	63	15.3	5	58	1
XⅡ—1—20	63	15.5	5.5	57.5	1

（续）



Ⅸ—1

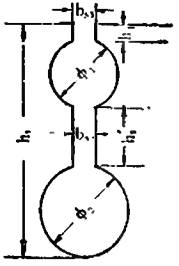


Ⅸ—2

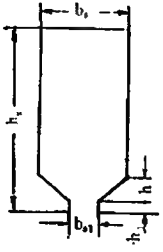
图　号	h_s	b_{s1}	b_s	h_1	h_s''	h_2	h
Ⅸ—2—01	46.5	5.4	9.3	1	3	1	2.25
Ⅸ—2—02	40.5	5.4	9.3	1	3	1	2.25
Ⅸ—2—03	40.5	6	8.8	1	3	1	2.25
Ⅸ—2—04	43	6.6	11.9	1	3	1	
Ⅸ—2—05	46.5	5.9	10.1	1	3	1	2.42
Ⅸ—2—06	43	5.4	9.3	1	3	1	2.25
Ⅸ—2—07	40	6.1	10.7	1	3	1	2.66
Ⅸ—2—08	44.5	6.1	10.7	1	3	1	2.66
Ⅸ—2—09	44.8	7.2	12.9	0.6		0.6	4.04
Ⅸ—2—10	53	7.7	14.8	1	3	1	4.04

（续）

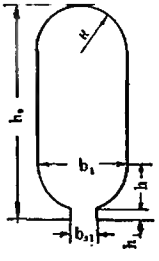
图　号	h_s	b_{s1}	b_{s2}	h_1	Φ_1	h_s''	Φ_2
XⅨ—3—01	30.9	2	2.5	2.5	10.7	6	11.7
XⅨ—3—02	30.4	2	2	2	10.7	5	12.7
XⅨ—3—03	38.9	3	4	1.5	12.7	6	18.7



XⅨ—3



XⅨ—4



XⅨ—5

图　号	h_s	b_{s1}	b_s	h_1	h
XⅨ—4—01	4.5	1.5	6.5	0.6	1.4
XⅨ—4—02	43.5	1.5	8.4	0.6	2
XⅨ—4—03	45	1.5	6.6	0.6	1.47
XⅨ—4—04	48	1.5	8.4	0.6	2
XⅨ—4—05	45	1.5	7.1	0.6	1.62
XⅨ—4—06	56.4	1.5	8.7	1.0	2.07
XⅨ—4—07	56.4	1.5	7.6	1.0	1.62
XⅨ—4—08	60.5	1.5	8.7	0.5	2.08

（续）

图　　号	h_s	b_{s1}	b_s	h_1	h
XⅡ—4—09	43.5	1.5	7.4	0.6	1.8
XⅡ—4—10	55.5	1.5	6.6	0.6	1.47
XⅡ—4—11	51	1.5	7.5	0.6	1.72
XⅡ—4—12	56.2	1.5	7.7	1.0	1.83
XⅡ—4—13	51.4	1.5	8.7	1.0	2.07
XⅡ—4—14	41	1.5	6.1	0.6	1.33
XⅡ—4—15	48.4	2.0	9.5	1.0	2.16
XⅡ—4—16	56.4	2	9.1	1.0	2.05
XⅡ—4—17	61	2	9.1	1.0	2.05

图　　号	h_s	b_{s1}	b_1	R	h_1	h
XⅡ—5—01	38	2	5	2.5	3	2.5
XⅡ—5—02	36	2	7	3.5	2	3.5
XⅡ—5—03	43	2	7	3.5	2	3.5
XⅡ—5—04	46	2	7	3.5	3	3.5
XⅡ—5—05	59	3	8	4	3	4
XⅡ—5—06	36	3	8	4	3	4
XⅡ—5—07	28	2	6	3	2	3
XⅡ—5—08	58	3	7	3.5	3	3.5
XⅡ—5—09	42	2	8	4	2	4
XⅡ—5—10	34	2	6	3	2	3
XⅡ—5—11	37	2	11	5.5	2	5.5
XⅡ—5—12	42	2	6	3	3	3

型号	暂载率为25%时的容量(瓩)	定子铁芯				气隙	定子绕					
		外径	内径	长度	槽数		绝缘等级	电磁线径	并绕根数	线圈形式	线圈匝数	槽距
		毫米	毫米	毫米		毫米		毫米				
JZR11—6	2.2	210	148	100	45	0.45	A	0.96	1	双叠	18	1—7
							B	0.9	1			
JZR12—6	3.5	210	148	155	45	0.45	A	1.16	1	双叠	12	1—7
							B	1.16	1			
JZR21—6	5.0	245	170	132	54	0.45	A	1.5	1	双叠	9	1—9
							B	1.45	1			
JZR22—6	7.5	245	170	185	54	0.45	A	1.3	1	双叠	13	1—9
							B	1.2	1			
JZR31—6	11.0	280	200	190	54	0.5	A	1.56	1	双叠	10	1—9
							B	1.5	1			
JZR31—8	7.5	280	200	190	54	0.5	A	1.25	1	双叠	14	1—8
							B	1.2	1			
JZR41—8	11	327	240	165 169	72	0.55	A	1.56	1	双叠	10	1—8
							B	1.5	1			
JZR42—8	16	327	240	245	72	0.55	A	1.3	2	双叠	7	1—8
							B	1.25	2			
JZR51—8	22	368	280	240	72	0.6	A	1.56	1	双叠	13	1—8
							B	1.5	1			
JZR52—8	30	368	280	320	72	0.6	A	1.4	3	双叠	5	1—8
							B	1.35	3			
JZR61—10	30	493	368	190	75	0.7	A	1.25	2	双叠	16	1—7
							B	1.25	2			
JZR62—10	45	493	368	290	75	0.7	A	1.5	2	双叠	11	1—7
							B	1.45	2			
JZR63—10	60	493	368	380	75	0.7	A	1.4	3	双叠	9	1—7
							B	1.35	3			
JZR71—10	80	615	460	270	90	0.95	A	1.5	2	双叠	15	1—8
							B	1.45	2			
JZR72—10	100	615	460	340	90	0.95	A	1.35	3	双叠	12	1—8
							B	1.3	3			
JZR73—10	125	615	460	420	90	0.95	A	1.5	3	双叠	10	1—8
							B	1.45	3			

注：1. JZ系列5号机座以下的技术数据均与JZR相同，但无电刷。

3.定子线圈木模尺寸参见附录10，图Ⅹ—5。

动机铁芯和绕组数据

组			定子线圈木模尺寸(毫米)							电刷		
并联支路数	线圈数	铜线重量(公斤)	A	L_1	L_2	R	b	r	H	牌号	尺寸(毫米)	数量(块)
1	45	2.6 2.28	63	140	152	20	7	10	51	T—1	8×12.5×32	6
1	45	3.5 3.5	63	195	207	20	7	10	51	T—1	8×12.5×32	6
1	54	4.9 4.4	82	162	192	20	7.5	10	56	T—1	8×12.5×32	6
2	54	6 5.2	82	215	245	20	7.5	10	56	T—1	8×12.5×32	6
2	54	6.7 6.2	95	235	267	20	9	10	75	T—1	12.5×20×32	6
2	54	6.3 5.8	84	235	261	20	6.5	10	55	T—1	12.5×20×32	6
2	72	8.3 7.7	81	205	225	20	9.5	10	55	T—1	12.5×32×40	6
2	72	10.2 9.1	81	285	305	20	9.5	10	55	T—1	12.5×32×40	6
4	72	13.5 12.5	87	280	310	20	9.5	10	70	T—1	12.5×32×40	6
2	72	16.5 15.3	87	360	390	20	10.5	10	70	T—1	12.5×32×40	6
5	75	21 21	97	233	270	20	15	10	67	T—1	16×40×50	6
5	75	27 25	97	333	370	20	15	10	67	T—1	16×40×50	6
5	75	32.7 32.1	97	428	465	20	15	10	67	T—1	16×40×50	6
10	90	43.7 42.8	118	320	378	20	15	10	—	T—1	16×40×50	6
10	90	48.8 48.6	118	390	448	20	15	10	—	T—1	16×40×50	6
10	90	59.2 55.4	118	470	528	20	15	10	—	T—1	16×40×50	6

2. A级绝缘用QM型单纱漆包线，B级绝缘用SBEC型双玻璃丝包线。

型号	功率（瓩）	电压（伏）	电流（安）	接法	极数
JDO_2—32—4/2	2.8	380	6.09	△	4
	3.8	380	7.85	Y Y	2
JDO_2—41—4/2	3.8	380	8.25	△	4
	4.5	380	10.01	Y Y	2
JDO_2—42—4/2	4.8	380	10.02	△	4
	5.5	380	11.52	Y Y	2
JDO_2—31—6/4	1.5	380	3.77	△	6
	1.8	380	4.41	Y Y	4
JDO_2—32—6/4	2.2	380	5.35	△	6
	2.4	380	5.79	Y Y	4
JDO_2—41—6/4	3	380	6.94	△	6
	3.4	380	7.9	Y Y	4
JDO_2—42—6/4	3.8	380	8.64	△	6
	4.8	380	10.8	Y Y	4
JDO_2—32—8/4	1.4	380	4.86	△	8
	2.5	380	5.78	Y Y	4
JDO_2—42—8/4	2.5	380	6.82	△	8
	4.3	380	8.58	Y Y	4
JDO_2—32—8/6（极差）	1.3	380	4.5	△	8
	2.0	380	4.88	2Y	6
JDO_2—32—8/6（极和）	1.3	380	4.5	△	8
	2.0	380	4.88	2Y	6

电 动 机 的 技 术 数 据

转差率 (s%)	功率因数 (cosφ)	效 率 (%)	起动电流倍数	起动转矩倍数	过载能力倍数
4.22	0.834	83.54	6.05	2.26	2.85
4.11	0.905	81.10	7.07	2.62	3.14
3.34	0.824	84.55	6.46	2.33	2.94
3.63	0.86	78.10	7.33	2.98	3.52
3.95	0.86	84.15	6.1	2.11	2.59
3.64	0.895	80.70	7.2	2.65	3.36
6.22	0.776	77.80	4.19	1.90	2.18
4.40	0.796	77.60	5.76	2.42	3.05
5.97	0.78	80.20	4.55	2.13	2.49
3.70	0.789	79.80	6.91	3.05	3.64
4.40	0.795	82.60	4.55	1.56	2.26
3.16	0.805	81.10	6.69	2.36	3.20
4.00	0.793	84.38	4.9	1.69	2.41
3.15	0.814	82.70	6.9	2.09	3.13
6.95	0.605	72.20	2.9	1.61	2.47
5.02	0.828	79.10	4.7	1.69	2.60
4.06	0.688	80.70	4.06	1.55	2.31
4.94	0.91	83.57	4.94	1.56	2.10
3.35	0.611	71.60	3.35	1.79	2.48
3.83	0.794	78.20	3.83	1.69	2.16
3.35	0.611	71.60	3.35	1.79	2.48
3.83	0.794	78.20	3.83	1.69	2.16

（续）

型　　号	功　率（瓩）	电　压（伏）	电　流（安）	接　法	极　数
JDO_2—32—8/4/2	0.8	380	3.34	2Y	8
	2.2	380	4.71	2△	4
	2.5	380	5.91	2△	2
JDO_2—41—8/4/2	1.3	380	4.43	2Y	8
	3.0	380	5.66	2△	4
	3.5	380	7.76	2△	2
JDO_2—31—8/6/4	0.9	380	2.75	2Y	8
	1.0	380	2.85	2Y	6
	1.2	380	2.68	2Y	4
JDO_2—41—8/6/4	2.0	380	5.9	2Y	8
	2.2	380	6.17	2Y	6
	2.8	380	5.85	2Y	4
JDO_2—42—8/6/4	2.6	380	7.5	2Y	8
	2.8	380	7.7	2Y	6
	3.8	380	7.9	2Y	4
JDO_2—51—8/6/4	3.5	380	9.75	2Y	8
	3.8	380	10.1	2Y	6
	5.5	380	11.01	2Y	4
JDO_2—52—8/6/4	4.5	380	12.15	2Y	8
	5.0	380	12.92	2Y	6
	7.0	380	13.92	2Y	4

转差率 (s%)	功率因数 (cosφ)	效率 (%)	起动电流倍数	起动力矩倍数	过载能力倍数
6.71	0.519	63.7	2.52	1.33	2.42
5.21	0.856	82.8	5.61	2.3	2.41
4.95	0.814	78.8	5.35	1.34	2.59
4.61	0.624	71.4	3.05	1.26	2.18
3.71	0.871	86.5	6.1	2.16	2.42
1.51	0.85	80.7	6.73	1.8	3.72
7.14	0.687	72.0	2.73	1.14	1.93
4.63	0.724	73.2	3.6	1.2	2.24
8.16	0.903	75.2	3.34	1.2	1.68
3.98	0.65	78.8	3.07	1.62	2.6
2.75	0.69	78.3	4.7	1.62	2.76
5.74	0.90	80.7	3.94	1.15	1.85
2.99	0.65	81.2	4.35	1.48	2.7
2.04	0.68	80.8	5.25	1.32	3.0
5.70	0.90	82.0	4.0	1.18	1.84
2.95	0.66	82.7	4.85	1.80	2.3
1.99	0.70	82.3	6.1	1.68	3.0
4.95	0.90	83.5	4.02	1.02	1.7
2.82	0.67	83.7	6.91	3.4	3.5
1.94	0.70	83.3	6.23	1.7	3.0
4.04	0.90	84.5	4.34	1.1	1.8

（续）

型号	功率（瓦）	定子铁芯				气隙	定				
		外径（毫米）	内径（毫米）	长度（毫米）	槽数	（毫米）	电磁线	线径（毫米）	并绕根数	线圈形式	线圈匝数
JDO_2-32-4/2	2.8/3.8	167	104	135	36	0.3	高强度聚酯漆包圆铜线	0.83	1	双叠	29
JDO_2-41-4/2	3.8/4.5	210	136	100	36	0.35	〃	1.00	1	〃	28
JDO_2-42-4/2	4.8/5.5	210	136	125	36	0.35	〃	1.08	1	〃	24
JDO_2-31-6/4	1.5/1.8	167	114	95	36	0.3	〃	0.69	1	〃	56
JDO_2-32-6/4	2.2/2.4	167	114	135	36	0.3	〃	0.83	1	〃	40
JDO_2-41-6/4	3/3.4	210	148	110	36	0.35	〃	0.93	1	〃	37
JDO_2-42-6/4	3.8/4.8	210	148	140	36	0.35	〃	1.08	1	〃	29
JDO_2-32-8/4	1.4/2.5	167	114	135	36	0.4	〃	0.74	1	〃	53
JDO_2-42-8/4	2.5/4.3	210	148	140	36	0.35	〃	0.93	1	〃	38
JDO_2-32-8/6（极差）	1.3/2.0	167	114	135	36	0.3	〃	0.72	1	〃	52
JDO_2-32-8/6（极和）	1.3/2.0	167	114	135	36	0.3	〃	0.72	1	〃	52
JDO_2-32-8/4/2	0.8/2.2/2.5	167	104	135	36	0.3	〃	0.53	1	〃	72
JDO_2-41-8/4/2	1.3/3.0/3.5	210	136	110	36	0.3	〃	0.67	1	〃	66
JDO_2-31-8/6/4	0.9/1.0/1.2	167	114	95	36	0.3	〃	0.55	1	〃	95
JDO_2-41-8/6/4	2/2.2/2.8	210	148	110	36	0.35	〃	0.77	1	〃	53
JDO_2-42-8/6/4	2.6/2.8/3.8	210	148	140	36	0.35	〃	0.90	1	〃	42
JDO_2-51-8/6/4	3.5/3.8/5.5	245	174	130	36	0.35	〃	1.04	1	〃	36
JDO_2-52-8/6/4	4.5/5/7	245	174	170	36	0.35	〃	1.16	1	〃	28

子	绕	组		转子槽数	转子斜槽度（毫米）	线模尺寸（毫米）								
槽距	每台线卷数	接法	线圈重量（公斤）			A	B	C	L_1	L_2	R	r	b	图号
1—10	36	△/yy	2.85	26	9	95	57	57	160	160	20	5	9	X-2
1—10	36	△/Y Y	3.96	26	6	120	71	71	125	125	20	5	9	X-2
1—10	36	△/Y Y	4.32	26	6	120	71	71	150	150	20	5	9	X-2
1—7	36	△/Y Y	2.95	33	10	70	45	45	120	120	20	5	10	X-2
1—7	36	△/Y Y	3.64	33	10	70	45	45	160	160	20	5	10	X-2
1—7	36	△/Y Y	4.05	33	13	88	52	52	135	135	20	5	10	X-2
1—7	36	△/Y Y	4.81	33	13	88	52	52	165	165	20	5	10	X-2
1—5	36	△/Y Y	3.39	33	10	47	31	31	161	161	20	5	10	X-2
1—6	36	△/Y Y	4.49	33	13	73	44	44	170	170	20	5	10	X-2
1—6	36	△/2Y	3.28	33	10	60	38	38	165	165	20	5	10	X-2
1—6	36	△/2Y	3.28	33	10	60	38	38	165	165	20	5	10	X-2
1—7	36	2Y/2△/2△	2.52	33	9	64	38	38	160	160	20	5	10	X-2
1—7	36	2Y/2△/2△	3.64	26	6	81	48	48	136	136	20	5	10	X-2
1—6	36	2Y/2Y/2Y	2.77	33	10	55	35	35	115	115	20	5	10	X-2
1—6	36	2Y/2Y/2Y	3.61	33	13	71	41	41	135	135	20	5	12	X-2
1—6	36	2Y/2Y/2Y	4.44	33	13	71	41	41	165	165	20	5	12	X-2
1—6	36	2Y/2Y/2Y	5.34	33	15	85	50	50	160	160	20	5	12	X-2
1—6	36	2Y/2Y/2Y	5.97	33	15	85	50	50	200	200	20	5	12	X-2

附录22　　三相油泵异步电动机的技术数据

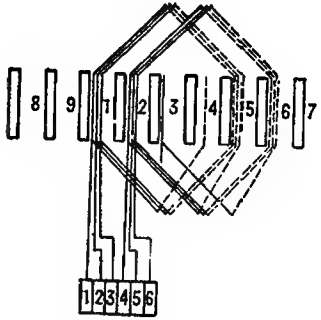
型　　号	JCB—22	JWYB—22	JWYB—45
容　量（瓩）	0.125	0.125	0.150
额定电流（安）	0.41	0.39	0.43
极　数	2	2	2
定子外径（毫米）	90	84	84
转子外径（毫米）	60	44.5	44.5
气　隙（毫米）		0.25	0.25
铁芯长度（毫米）	45	50	50
每槽线数	200	240	220
定子槽数	24	18	18
节　距	1—11	1—10 2—9 11—18	1—10 2—9 11—18
定子线径（毫米）	Φ0.31	Φ0.27	Φ0.31
定子线重（公斤）		0.382	0.46

附录23　　电风扇铁芯和线圈的技术数据

型号	铁芯长（毫米）	主线圈			副线圈			电容器规格（微法）
		线径（毫米）	匝数	线圈数	线径（毫米）	匝数	线圈数	
BY型150mm罩极式	25	Φ0.15	1500	2				
180mm罩极式	32	Φ0.15	1175	2				
1861-1型180mm罩极式	25	Φ0.15	1500	2				
200mm罩极式	25	Φ0.15	1430	2				
250mm罩极式		Φ0.25	590	4				
AD型300mm罩极式	32	Φ0.25	630	4				
AD型400mm罩极式	36	Φ0.38	460	4				
BD型900mm罩极式		Φ0.38	550	6				
AC型1400mm罩极式		Φ0.55	240	12				
300mm罩极式	32	Φ0.27	510	4				
400mm罩极式	32	Φ0.41	420	4				
QB型250mm电容式	20	Φ0.17	935	4	Φ0.15	1020	4	1
QB型300mm电容式	26	Φ0.17	780	4	Φ0.19	630	4	1.5
QB型350mm电容式	26	Φ0.21	590	4	Φ0.19	780	4	1
QB型400mm电容式	26	Φ0.23	580	4	Φ0.21	730	4	2
DQ型400mm电容式	34	Φ0.23	555	4	Φ0.15	955	4	1
DD_2型1400mm电容式	25	Φ0.27	280	18	Φ0.25	328	18	2.4
300mm电容式	26	Φ0.17	780	4	Φ0.19	620	4	1.5
350mm电容式	32	Φ0.23	560	4	Φ0.19	790	4	1.2
400mm电容式	32	Φ0.23	530	4	Φ0.17	890	4	1.2
1400mm电容式	32	Φ0.31	220	18	Φ0.25	310	18	2
JO型0.15瓩变压器风扇	35	Φ0.29	540	6				

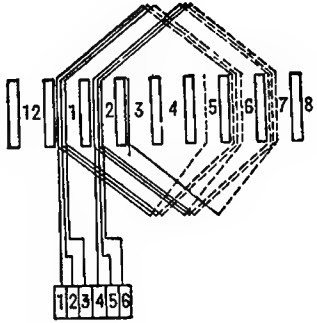
附录24　　单相电钻绕组数据

钻头尺寸(毫米)		6毫米电钻			10毫米电钻			13毫米电钻		
估计功率(瓦)		150	150	150	250	250	250	370	370	370
电压(伏)		220	110	36	220	110	36	220	110	36
电流(安)		0.91	1.85	5.6	1.2	2.4	7.2	1.8	3.7	11
绝缘等级		E	E	E	E	E	E	E	E	E
电枢绕组	节距	1—5	1—5	1—5	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6	1—6
	每槽线数	252	126	42	156	78	26	138	72	24
	每圈匝数	42	21	7	26	13	6.5	23	12	6
	导线牌号	QZ	QZ	QZ	QZ	QZ	QZ	QZ	QZ	QZ
	线径(毫米)	Φ0.23	Φ0.33	2×Φ0.41	Φ0.27	Φ0.38	Φ0.69	Φ0.35	Φ0.51	Φ0.51+Φ0.69
	线重(公斤)	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.15	0.3	0.3	0.3
	出线偏斜方向	对直	对直	对直	对直	对直	对直	对直	对直	对直
定子	每极匝数	256	131	42	198	100	35	150	75	25
	线径(毫米)	Φ0.31	Φ0.44	2×Φ0.55	Φ0.38	Φ0.55	2×Φ0.66	Φ0.51	Φ0.69	3×Φ0.69
	线重(公斤)	0.1	0.1	0.1	0.15	0.15	0.15	0.3	0.3	0.3



(a)节距1—5

槽数 9



(b)节距1—6

槽数12

图XXIV 电钻电枢绕组图

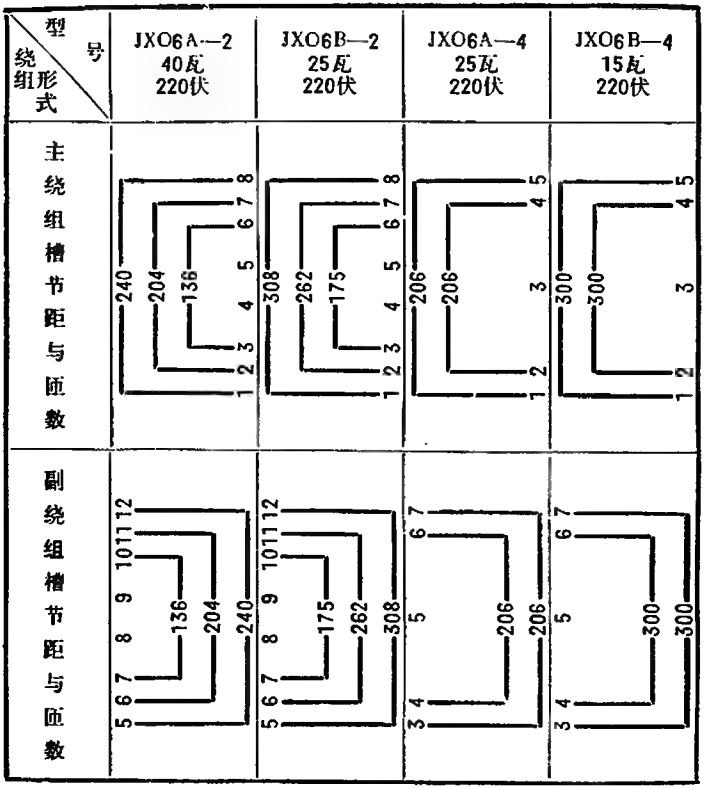
附录25　JX型(4～90瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列

型　号	容量	极数	电压	定子外径	定子内径(毫米)	定子轭厚(毫米)	轴径(毫米)	铁芯长度(毫米)	定子槽数	转子槽数	气隙长度(毫米)
JXO7A-2	90	2	220	94	48		14	45	18		0.28
JXO7B-2	60	2	220	94	48		14	36	18		0.28
JXO7A-4	60	4	220	94	48		14	45	18		0.28
JXO7A-4	40	4	220	94	48		14	36	18		0.28
JXO6A-2	40	2	220	84	42	11	12	45	16	10	0.25
JXO6B-2	25	2	220	84	42	11	12	35	16	10	0.25
JXO6A-4	25	4	220	84	42	11	12	45	16	10	0.25
JXO6B-4	15	4	220	84	42	11	12	35	16	10	0.25
JXO5A-2	15	2	220	71	36	8	9	42	16	10	0.25
JXO5B-2	8	2	220	71	36	8	9	30	16	10	0.25
JXO5A-4	8	4	220	71	36	8	9	42	16	10	0.25
JXO5B-4	4	4	220	71	36	8	9	30	16	10	0.25

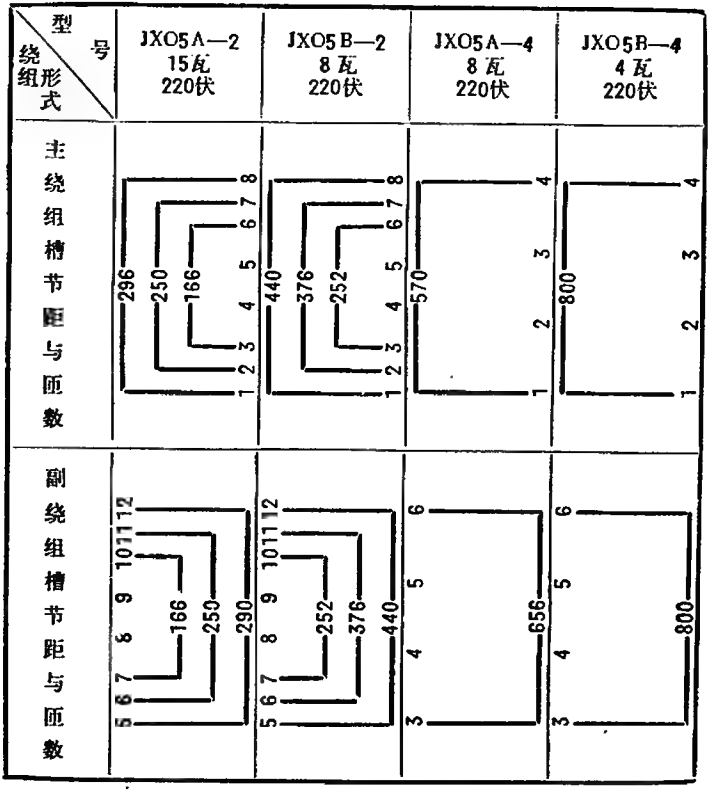
（续）

主绕组总串联导体数	副绕组总串联导体数	主绕组线规（毫米）	副绕组线规（毫米）	主绕组线重（公斤）	副绕组线重（公斤）	电容器容量（微法）	电容器电压（伏）	空载电流（安）
2,320	2,320	0.27	0.27	0.15	0.15	2.00	240	0.303
2,980	2,980	0.23	0.23	0.128	0.128	1.50	275	0.217
3,300	3,300	0.23	0.23	0.117	0.117	2.50	265	0.43
4,800	4,800	0.20	0.20	0.109	0.109	1.50	275	0.223
2,824	2,824	0.20	0.20	0.0985	0.0985	1.00	234	0.196
4,280	4,280	0.15	0.15	0.0676	0.0676	0.75	237	0.132
4,560	5,250	0.18	0.19	0.096		1.00	262	0.197
6,400	6,400	0.16	0.15	0.0806	0.0708	1.00	262	0.144

正弦绕组排列方法


型号
绕组形式
JXO6A—2 40瓦 220伏
JXO6B—2 25瓦 220伏
JXO6A—4 25瓦 220伏
JXO6B—4 15瓦 220伏
主绕组槽节距与匝数
副绕组槽节距与匝数
240
204
136
308
262
175
206
300
1 2 3 4 5 6 7 8
1 2 3 4 5
1 2
5 6 7 8 9 10 11 12
3 4 5 6 7

（续）


绕组形式
型号
JXO5A—2
15瓦
220伏
JXO5B—2
8瓦
220伏
JXO5A—4
8瓦
220伏
JXO5B—4
4瓦
220伏
主绕组槽节距与匝数
副绕组槽节距与匝数
296
250
166
440
376
252
570
800
166
250
290
252
376
440
656
800

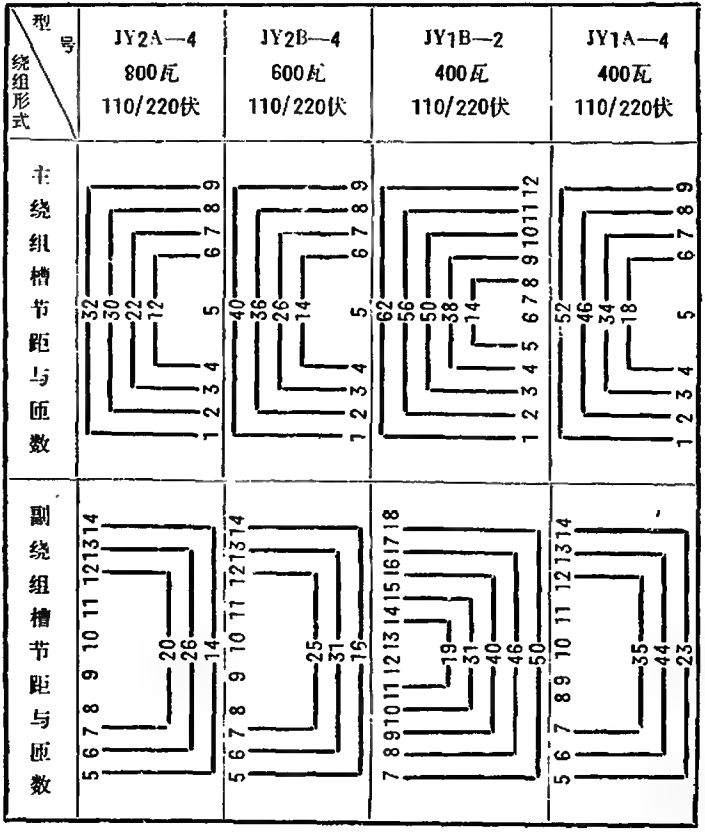
附录26 JY型(180～800瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列

型号	容量(瓦)	极数	电压(伏)	定子外径(毫米)	定子内径(毫米)	定子轭厚(毫米)	轴径(毫米)	铁芯长度(毫米)	定子槽数	转子槽数
JY2B—2	800	2	110 220							
JY2A—4	800	4	110 220	160	95	13.5	22	88	36	42
JY2B—4	600	4	110 220	160	95	13.5	22	78	36	42
JY1A—2	600	2	110 220							
JY1B—2	400	2	110 220	145	75	19.4	20	48	24	30
JY1A—4	400	4	110 220	145	85	12.0	20	65	36	42
JY1B—4	250	4	110 220	145	85	12.0	20	48	36	42
JYO9A-2	250	2	110 220	120	60	16.0	20	56	24	18
JYO9B-2	180	2	110 220	120	60	16.0	20	48	24	18
JYO9A-4	180	4	110 220	120	71	14.0	20	62	24	22

（续）

气隙长度（毫米）	主绕组总串联导体数	副绕组总串联导体数	主绕组线规（毫米）	副绕组线规（毫米）	主绕组重量（公斤）	副绕组重量（公斤）	电容器容量（微法）	电容器电压（伏）	空载电流（安）	满载电流（安）
0.3	768	480	1.25	0.90	1.48	0.492	400	122	4.65 4.35	6.85 6.70
0.3	928	576	1.08	0.86	1.27	0.5	400	100	3.72 3.84	4.87 4.88
0.35	880	744	0.93	0.90	1.04	0.72	200	115	2.02 2.38	3.32 3.42
0.3	1,200	820	0.93	0.64	1.04	0.348	200	110	2.35 2.60	3.64 3.69
0.3	1,470	744	0.80	0.80	0.825	0.355	200	114	2.45 2.40	2.90 2.80
0.3	1,192	744	0.69	0.69	0.56	0.392	150	110	1.65 1.70	2.40
0.3	1,208	716	0.68	0.64	0.625	0.308	150	107	1.30 1.36	1.80 1.82
0.25	1,392	816	0.64	0.59	0.52	0.246	150	105	2.00 2.20	2.25 2.50

正弦绕组排列方法


型号
绕组形式
JY2A—4
800瓦
110/220伏
JY2B—4
600瓦
110/220伏
JY1B—2
400瓦
110/220伏
JY1A—4
400瓦
110/220伏
主绕组槽节距与匝数
副绕组槽节距与匝数

（续）

绕组形式 \ 型号	JY1B—4 250瓦 110/220伏	JYO9A—2 250瓦 110/220伏	JYO9B—2 180瓦 110/220伏	JYO9A-4 180瓦 110/220伏
主绕组槽节距与匝数	64 56 40 24 5 1 2 3 4 6 7 8 9	82 76 60 50 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	82 76 64 50 30 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12	46 82 46 1 2 3 4 5 6 7
副绕组槽节距与匝数	32 40 21 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14	19 31 40 46 50 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	19 28 39 45 48 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18	27 48 27 4 5 6 7 8 9 10

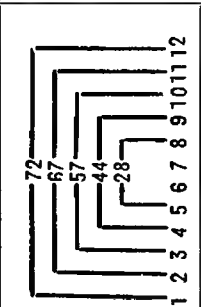
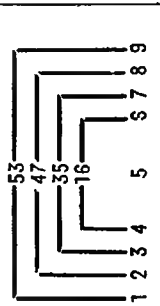
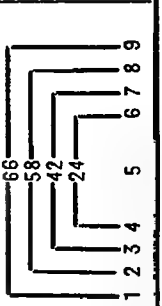
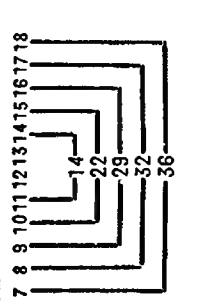
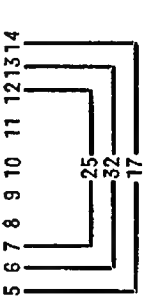
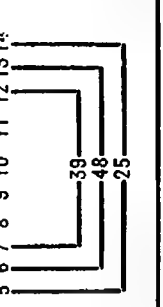
附录27　JZ型(60～400瓦)单相异步电动机的技术数据及绕组排列

型　　号	容量(瓦)	极数	电压(伏)	定子外径(毫米)	定子内径(毫米)	定子轭厚(毫米)	轴径(毫米)	铁芯长度(毫米)	定子槽数	转子槽数
JZ1B—2	400	2	220	145	75	20.255	20	48	24	30
JZ1A—4	400	4	220	145	85	21.275	20	65	36	42
JZ1B—4	250	4	220	145	85	20	20	48	36	42
JZO9A—2	250	2	220	120	60	14.85	20	65	24	18
JZO9B—2	180	2	220	120	60	14.85	20	48	24	18
JZO9A—4	180	4	220	120	71	15.9	20	62	24	22
JZO9B—4	120	4	220	120	71	15.9	20	48	24	22
JZO8A—2	120	2	220	102	52	11.14	14	60	18	15
JZO8B—2	90	2	220	102	52	11.14	14	46	18	15
JZO8A—4	90	4	220	102	58	10.45	14	60	24	22
JZO8B—4	60	4	220	102	58	10.45	14	46	24	22

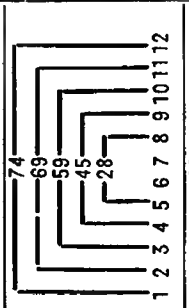
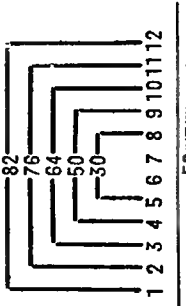
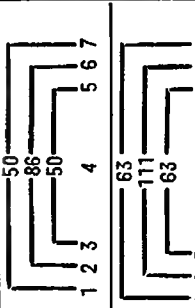
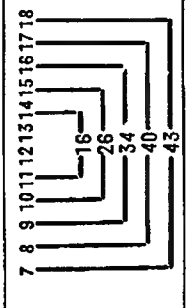
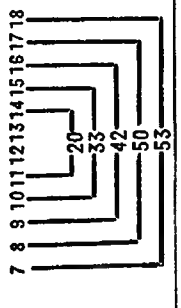
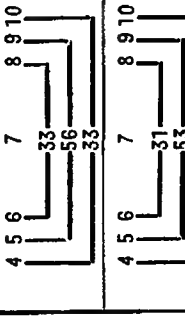
（续）

气隙长度（毫米）	主绕组总串联导体数	副绕组总串联导体数	主绕组线规（毫米）	副绕组线规（毫米）	主绕组线重（公斤）	副绕组线重（公斤）	空载电流（安）	满载电流（安）
0.35	1,072	532	0.90	0.44	1.12	0.124	1.43	3.01
0.30	1,208	592	0.93	0.44	1.06	0.12	2.26	3.50
0.30	1,520	896	0.80	0.35	0.85	0.10	2.08	2.63
0.30	1,100	638	0.69	0.38	0.62	0.11	1.40	2.30
0.30	1,208	792	0.68	0.31	0.628	0.08	1.30	1.84
0.25	1,488	976	0.64	0.33	0.556	0.092	1.63	2.12
0.25	1,900	920	0.55	0.31	0.462	0.067	1.30	1.55
0.30	1,480	700	0.59	0.33	0.57	0.082	0.785	1.20
0.30	1,976	724	0.53	0.35	0.558	0.086	0.555	0.93
0.25	2,000	1,072	0.51	0.27	0.428	0.061	1.05	1.25
0.25	2,688	1,192	0.44	0.27	0.376	0.059	0.75	0.19

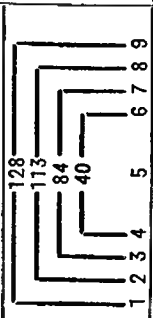
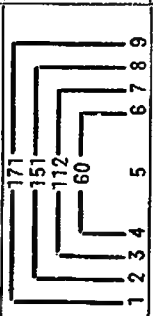
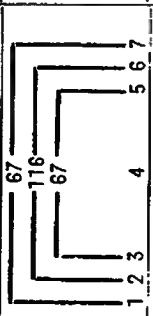
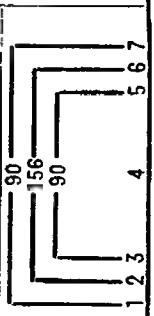
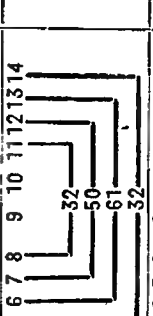
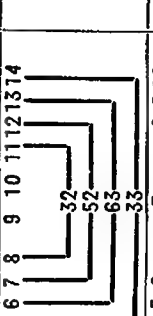
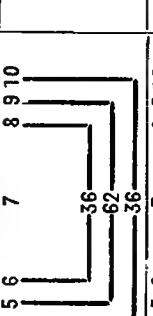
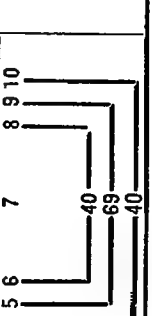
正弦绕组排列方法

绕组形式 \ 型号	JZ1B—2 400瓦 220伏	JZ1A—4 400瓦 220伏	JZ1B—4 250瓦 220伏
主绕组槽节距与匝数			
副绕组槽节距与匝数			

（续一）

绕组形式 \ 型号	JZO9A—2 250瓦 220伏	JZO9B—2 180瓦 220伏	JZO9A—4 180瓦 220伏	JZO9B—4 120瓦 220伏
主绕组槽节距与匝数				
副绕组槽节距与匝数				

（续二）

型号 / 绕组形式	JZO8A—2 120瓦 220伏	JZO8B—2 90瓦 220伏	JZO8A—4 90瓦 220伏	JZO8B—4 60瓦 220伏
主绕组槽节距与匝数				
副绕组槽节距与匝数				

附录28　电磁线的牌号及主要用途

名　　称	牌　号	主　要　用　途
油性漆包圆铜线	Q	供制造电机、电器和仪表的绕组用
高强度聚乙稀醇缩醛漆包圆铜线 高强度聚乙稀醇缩醛漆包扁铜线	QQ QQB	适用于机械强度及电气性能较高而不需纤维材料保护漆层的电机、电器和仪表的绕组
高强度聚酯漆包圆铜线 高强度聚酯漆包扁铜线	QZ QZB	同上，并且有热稳定性及抗溶性的特点
高强度聚胺酯漆包圆铜线	QA	同 QQ 型，但不需去除漆层，可直接用焊锡焊接
高强度环氧漆包圆铜线	QH	同 QQ 型，耐潮性好，适用于湿热带电机、电器
单丝（天然丝）漆包圆铜线 单人丝（人造丝）漆包圆铜线 单纱漆包圆铜线	QST QSR QM	供制造小型及特殊电机、电器及仪表的绕组用

（续）

名　　称	牌　号	主　要　用　途
单纱包圆铜线 单纱包扁铜线 双纱包圆铜线 双纱包扁铜线	M MB ME MEB	供制造电机、电器的绕组，但为了节约棉纱，可用其他牌号的电磁线代用
单玻璃丝包高强度缩醛漆包圆铜线 单玻璃丝包高强度聚酯漆包圆铜线	QQSBC QZSBC	用于工作温度为－60°—＋120℃的耐高温，防潮的电机、电器绕组
双玻璃丝包圆铜线 双玻璃丝包扁铜线 三玻璃丝包扁铜线	SBEC SBECB SBSB	同上，但工作温度为－60°—＋150℃
聚酰胺——亚胺高强度漆包圆铜线		
耐冷冻剂漆包圆铜线		

附录29　　常用铝、铜圆线规格表

直径（毫米）	截面积（毫米²）	铝线			铜线		
		1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）	1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）
0.10	0.0079				0.070	2270	2810
0.11	0.0095				0.085	1813	2244
0.12	0.0113				0.101	1524	1890
0.13	0.0133				0.118	1296	1605
0.41	0.0154				0.137	1118	1385
0.15	0.0177				0.157	947	1168
0.16	0.0201				0.179	856	1057
0.17	0.0227				0.202	758	940.0
0.18	0.0255				0.226	674	835.0
0.19	0.0284				0.252	606	750.0
0.20	0.0314				0.279	548	688.0
0.21	0.0345				0.308	497	615.0
0.23	0.0415				0.369	415	514.0
0.25	0.0491				0.436	351	434.5
0.27	0.0573				0.509	300	371.5
0.29	0.0661				0.587	260	322.0
0.31	0.0755				0.671	228	282.5
0.33	0.855				0.760	201	248.5
0.35	0.0962				0.855	178.8	221.5
0.38	0.1134				1.008	151.8	188.0

（续）

直径（毫米）	截面积（毫米²）	铝线			铜线		
		1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）	1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）
0.41	0.1320				1.173	130.3	161.4
0.44	0.1521				1.352	113.2	140.2
0.47	0.1735				1.542	99.2	122.5
0.49	0.1886				1.676	91.3	112.5
0.51	0.204	0.550	133.6	166.6	1.812	84.4	104.5
0.53	0.221	0.600	123.1	153.5	1.975	77.7	96.3
0.55	0.238	0.643	114.4	142.7	2.12	72.3	89.5
0.57	0.255	0.689	106.9	133.3	2.27	67.5	83.6
0.59	0.273	0.734	99.8	124.4	2.42	63.0	78.0
0.62	0.302	0.813	90.3	112.6	2.68	56.9	70.6
0.64	0.322	0.868	84.7	105.6	2.86	5.34	66.2
0.67	0.353	0.95	77.4	96.5	3.13	48.7	60.5
0.69	0.374	1.01	72.9	90.9	3.32	46.0	57.0
0.72	0.407	1.10	67.1	83.7	3.62	42.3	52.5
0.74	0.430	1.16	63.5	79.2	3.82	40.0	49.7
0.77	0.466	1.26	58.5	73.0	4.14	39.6	45.8
0.80	0.503	1.36	54.2	67.6	4.47	34.2	42.4
0.83	0.541	1.46	50.4	62.8	4.81	31.8	39.4
0.86	0.581	1.57	46.9	58.5	5.16	29.6	36.7
0.90	0.636	1.72	42.8	53.4	5.66	27.0	33.5

（续）

直径（毫米）	截面积（毫米²）	铝线			铜线		
		1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）	1千米的重量（公斤）	15℃时1千米的电阻值（欧姆）	75℃时1千米的电阻值（欧姆）
0.93	0.679	1.83	40.2	50.1	6.04	25.3	31.4
0.96	0.724	1.95	37.7	47.0	6.43	23.8	29.5
1.00	0.785	2.12	34.8	43.4	6.98	21.9	27.2
1.04	0.849	2.29	32.2	40.2	7.55	20.3	25.2
1.08	0.916	2.47	29.9	37.3	8.14	18.79	23.4
1.12	0.985	2.65	27.7	34.6	8.75	17.47	21.7
1.16	1.057	2.85	25.8	32.2	9.40	16.28	20.2
1.20	1.131	3.05	24.1	30.1	10.05	15.22	18.9
1.25	1.227	3.31	22.2	27.7	10.91	14.02	17.4
1.30	1.327	3.58	20.6	25.7	11.80	12.96	16.1
1.35	1.431	3.86	19.1	23.8	12.73	12.01	14.9
1.40	1.539	4.15	17.8	22.2	13.69	11.18	13.9
1.45	1.651	4.45	16.5	20.6	14.68	10.41	12.9
1.50	1.767	4.77	15.5	19.3	15.71	9.14	12.1
1.56	1.911	5.15	14.3	17.8	16.99	9.00	11.15
1.62	2.06	5.56	13.4	16.7	18.32	8.36	10.45
1.68	2.22	5.98	12.3	15.3	19.71	7.75	9.62
1.74	2.38	6.40	11.5	14.3	21.1	7.23	8.97
1.81	2.57	6.95	10.7	13.3	22.9	6.70	8.32
1.88	2.78	7.49	9.8	12.2	24.7	6.19	7.68

b \ a	0.83	0.90	1.00	1.08	1.16	1.25	1.35	1.45	1.50
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2.10	1.60	1.72	1.89	2.06	2.23	2.42	2.63	2.84	
2.26		1.86	2.05	2.23	2.41	2.62	2.84	3.07	
2.44		2.03	2.23	2.43	2.62	2.84	3.08	3.33	
2.63		2.20	2.42	2.63	2.84	3.08	3.34	3.60	
2.83		2.38	2.62	2.85	3.07	3.33	3.61	3.89	
3.05			2.84	3.08	3.33	3.60	3.91	4.21	
3.28			3.07	3.33	3.60	3.89	4.22	4.55	
3.53	2.79		3.32	3.60	3.89	4.20	4.56	4.91	
3.80		3.25	3.59	3.89	4.20	4.54	4.92	5.30	
4.10			3.89	4.22	4.55	4.92	5.33	5.74	
4.20									
4.40			4.19	4.54	4.89	5.29	5.73	6.17	
4.50									
4.70			4.49	4.87	5.24	5.67	6.14	6.61	
5.10			4.89	5.30	5.71	6.17	6.68	7.19	
5.50			5.29	5.73	6.17	6.67	7.22	7.77	
5.90			5.69	6.16	6.63	7.17	7.76	8.35	
6.40			6.19	6.70	7.21	7.79	8.43	9.07	
6.90			6.69	7.24	7.79	8.42	9.11	9.79	
7.40			7.19	7.78	8.37	9.04	9.78	10.50	
8.00			7.79	8.43	9.07	9.49	10.60	11.40	
8.60			8.39	9.08	9.77	10.60	11.40	12.30	
9.30				9.83	10.58	11.40	12.40	13.30	
10.00					11.40	12.30	13.30	14.30	14.80
10.80							14.40	15.50	
11.60							15.50	16.60	
12.50								17.90	18.50
13.50									
14.50									
15.60									
16.00									
16.80									
18.00									
19.50									
20.00									

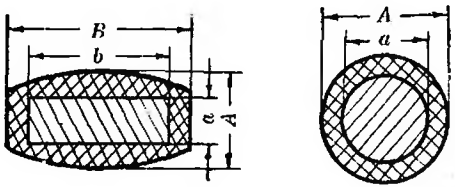
1.56	1.68	1.81	1.95	2.00	2.10	2.26	2.44	2.5	2.63	2.83
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
3.07	3.32	3.58			3.92					
3.32	3.59	3.83				4.63				
3.60	3.89	4.21	4.55		4.64		5.37			
3.08	4.21	4.55	4.92		5.04	5.46	5.94		6.44	
4.20	4.54	4.91	5.30		5.46	5.92	6.43			7.53
4.55	4.91	5.31	5.74		5.93	6.41	6.96		7.54	8.15
4.91	5.30	5.73	6.19		6.41	6.93	7.52		8.15	8.80
5.30	5.72	6.18	6.67		6.93	7.50	8.13		8.80	9.51
5.72	6.17	6.67	7.20		7.50	8.11	8.79		9.51	10.30
6.19	6.68	7.21	7.79		8.13	8.79	9.52		10.30	11.10
6.65	7.18	7.75	8.37		8.76	9.46	10.20	10	11.10	12.00
				8.80						
7.12	7.79	8.30	8.96		9.39	10.10	11.00		11.90	12.80
7.75	8.36	9.02	9.74		10.20	11.00	11.90		12.90	13.90
8.37	9.03	9.75	10.50		11.10	11.90	12.90	13.30	14.00	15.10
8.99	9.70	10.50	11.30		11.90	12.80	13.90		15.00	16.20
9.77	10.60	11.40	12.30		12.90	14.00	12.30		16.30	17.60
10.60	11.40	12.30	13.30		14.00	15.10	16.30		17.70	19.00
11.30	12.60	13.30	14.20		15.00	16.20	17.60		19.00	20.40
12.30	13.20	14.40	15.40		16.30	17.60	19.00		20.50	22.10
13.20	14.20	15.50	16.60		17.60	18.90	20.50		22.10	23.80
14.30	15.40	16.60	17.90		19.00	20.50	22.20		24.00	25.80
15.40	16.60	17.90	19.30	19.80	20.50	22.10	23.90	24.50	25.80	27.80
16.60	17.90	19.30	20.90		22.20	23.90	25.90		27.90	30.10
17.90	19.30	20.80	22.40		23.90	25.70	27.80		30.00	32.30
19.40	20.80	22.40	24.30	24.80	25.80	27.80	30.00	30.80	32.40	34.90
20.80	22.50	24.20	26.10		27.90	30.00	32.40		35.00	37.70
	24.20	26.10	28.00		30.00	32.30	34.90		37.60	40.50
		28.00	30.20		32.30	34.80	37.60		40.50	43.70
								39.50		
			32.60		34.80	37.50	40.50		43.70	47.00
					37.30	40.20	43.40		46.80	50.40
						43.60	47.10		50.80	54.70

（续）

a / b	3.00	3.05	3.28	3.53	3.80	4.00	4.10
22	23	24	25	26	27	28	29
2.10							
2.26							
2.44							
2.63							
2.83							
3.05		8.72					
3.28		9.51	10.30				
3.53		10.30	11.10	12.00	12.90		
3.80		11.10	12.00		13.90		
4.10		12.00	13.00	14.00	15.10		15.90
4.20							
4.40		12.90	13.90	15.00	16.20		17.10
4.50							
4.70		13.80	14.90	16.10	17.40		18.40
5.10		15.10	16.20	17.50	18.90		20.00
5.50		16.30	17.50	18.90	20.40		21.70
5.90		17.50	18.90	20.30	21.90		23.30
6.40		19.00	20.50	22.10	23.80		25.30
6.90		20.60	22.10	23.90	25.70		27.40
7.40		22.10	23.60	25.60	27.60		29.40
8.00		23.90	25.70	27.70	29.90		31.90
8.60		25.70	27.70	29.90	32.20		34.40
9.30		27.90	30.00	32.30	34.80		37.20
10.00	29.50	30.00	32.30	34.80	37.50	39.50	40.10
10.80		32.40	34.90	37.60	40.50		43.40
11.60		34.90	37.50	40.50	43.60		46.70
12.50	37.00	37.60	40.50	43.60	47.00	49.50	50.40
13.50		40.70	43.80	47.20	50.80		54.50
14.50		43.70	47.10	50.60	54.60		58.60
15.60		47.10	50.70	54.60	58.80		63.10
16.00	47.50					63.50	
16.80		50.70	54.60	58.80	63.30		68.00
18.00		54.40	58.50	63.00	67.90		72.90
19.50		59.00	63.50	68.30	73.60		79.10
20.00							

4.40	4.70	5.10	5.10	5.50	6.00	6.50	7.00
30	31	32	33	34	35	36	37
18.50							
21.50	21.20		25.10				
23.30	25.00		27.20				
25.10	26.80		29.20		34.50		
27.30	29.20		31.70	34.30	37.50		
29.50	31.50		34.30	37.10	40.50		47.40
31.70	33.90		36.80	39.80	43.50	47.20	50.90
34.30	36.70		39.90	43.10	47.10	51.10	55.10
36.90	39.50		43.00	46.40	50.70	55.00	59.30
40.00	42.80		46.50	50.30	54.90	59.60	64.20
43.10	46.10	49.10	50.10	54.10	59.10	64.10	69.10
46.60	49.90		54.20	58.50	63.90	69.30	74.70
50.10	53.60		58.30	62.90	68.70	75.50	80.40
54.10	57.90		62.90	67.90	74.10	80.40	86.60
58.50	62.60		68.00	73.40	80.10	86.90	93.60
62.90	67.30		74.10	78.90	86.10	93.40	100.60
67.60	72.40		78.70	84.90	92.70	100.50	108.30
					95.10		
73.00	78.10	79.10	84.80	91.50	99.90	108.30	116.70
78.00	83.70		90.90	98.10	107.10	116.10	125.10
84.30	90.80		98.60	106.40	116.10	126.90	135.60
		99.10			119.10		

附录31　　导线绝缘厚度



(a) 扁导线　　(b) 圆导线

图ⅩⅩⅩⅠ—1　导线绝缘厚度（单位：毫米）

（1）双玻璃丝包扁铝线、扁铜线，聚酯漆双玻璃丝包线

扁线标称尺寸		最大绝缘厚度			
		双玻璃丝包		聚酯漆双玻璃丝包	
a	b	A—a	B—b	A—a	B—b
0.9—1.95	2.1—5.9	0.35	0.27	0.44	0.36
	6.0—8.0	0.39		0.46	0.36
	8.6—14.5	0.45		—	—
2.1—3.8	2.1—10.0	0.41	0.33	0.50	0.42
	10.8—14.5	0.44		—	—
4.1—5.5	4.1—10.0	0.48	0.40	0.57	0.49
	10.8—14.5	0.53		—	—

（2）高强度聚酯漆包扁铜线

扁铜线标称尺寸		最大绝缘厚度	
a	b	A—a	B—b
0.2—0.9	2.0—2.83 3.05—4.4 4.7—10.0	0.09	0.11 0.12 0.14
1.0—1.16	2.0—2.83 3.05—4.4 4.7—10.0	0.10	0.12 0.13 0.15
1.25—1.95	2.0—2.83 3.05—4.4 4.7—10.0	0.11	0.12 0.13 0.15
2.10—2.83	2.0—2.83 3.05—4.4 4.7—10.0	0.12	0.12 0.13 0.15

（3）各种圆电磁线

绝缘厚度 / 导线直径 / 导线名称	0.51—0.69	0.72—0.96	1.0—1.62	≥1.68
氧化膜铝线	0.02	0.02	0.02	0.02
高强度漆包线(聚酯、缩醛、彩色聚酯、彩色聚胺酯)	0.03 0.05	0.04 0.06	0.06 0.08	0.07 0.09
单玻璃丝漆包线（聚酯、缩醛）	0.20	0.22	0.22	0.24
双玻璃丝包线（硅有机、醇酸）	0.25	0.25	0.27	0.28
聚酰胺——亚胺高强度漆包线	0.03	0.04	0.06	0.07
耐冷冻剂漆包线	0.05	0.06	0.08	0.09

附录32　常用异步电动机轴承型号

（1）J、JO、JQ及JQO系列

机座号	同步转速为3000转/分		同步转速为1500转/分及以下	
	轴伸端轴承	非轴伸端轴承	轴伸端轴承	非轴伸端轴承
3	304	304	304	304
4	306	306	306	306
5	308	308	308	308
6	308	308	310	310
7	310	310	2312	312
8	312	312	2314	314
9	314	314	2317	317

（2）JZ及JZR系列

机座号		轴伸数	风扇端	接线盒端
JZ及JZR	1	单（双）轴伸	309	309
	2	单（双）轴伸	310	310
	3	单（双）轴伸	312	312
	4	单轴伸	315	314
	4	双轴伸	315	315
	5	单轴伸	42616	316
	5	双轴伸	42616	42616
JZR	6	单轴伸	42620	320
	6	双轴伸	42620	42620
	7	单轴伸	42620	326
	7	双轴伸	42620	42620

（3）J_2、JO_2、及JQ_2、JOQ_2系列

机座号	同步转速为3000转/分		同步转速为1500转/分及以下	
	轴伸端轴承	非轴伸端轴承	轴伸端轴承	非轴伸端轴承
1	204	204	204	204
2	205	205	305	305
3	206	206	306	306
4	208	208	308	308
5	309	309	309	309
6*	310	310	2310	310
7	311	311	2311	311
8	314	314	2314	314
9	317	317	2317	317

* 6号机座轴承有的用309 2309

（4）JC、JS及JR系列

机座号	同步转速（转/分）	轴伸端轴承	滑环端轴承	第三轴承
11	1500和1000	2319	319	
11	750和600	2319	319	
12	1500	2319	319	
12	1000	2320	320	
12	750和600	2320	320	2314
13	1500	2319	319	
13	1000	2322	322	
13	750和600	2322	322	2314